FAMETRO
CENTRO UNIVERSITÁRIO

Engenharia Civil: Inovação e tecnologia no contexto da era contemporânea

ORGANIZADORES

SARA DOS SANTOS SANTARÉM
FABRÍCIO DE AMORIM RODRIGUES
SUELÂNIA CRISTINA GONZAGA DE FIGUEIREDO

Editora Poisson

VOLUME 1

Sara dos Santos Santarém

Fabrício de Amorim Rodrigues

Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo
(Organizadores)

Engenharia Civil: Inovação e tecnologia no contexto da era contemporânea
Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte

Poisson

2021

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57
Engenharia Civil: Inovação e tecnologia no contexto da era contemporânea – Volume 1/ Organização: Sara dos Santos Santarém, Fabrício de Amorim Rodrigues, Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo – Belo Horizonte – MG: Poisson, 2022

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-173-3
DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Engenharia 2. Inovação. 3. Tecnologia I. SANTARÉM, Sara dos Santos II. RODRIGUES, Fabrício de Amorim III. FIGUEIREDO, Suelânia Cristina Gonzaga de IV. Título

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

Comissão organizadora

Sara dos Santos Santarém

Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal do Amazonas (2018) e Bacharela em Engenharia Civil (2015) pela Universidade Nilton Lins. Docente no Centro Universitário FAMETRO para o curso de Engenharia Civil. Experiência na área de Gestão, planejamento e controle, Orçamento, Projetos e Execução. Cerificação em inglês Avançado (2019) pela Minds idiomas e possui experiência nos sistemas SAP, RM, UAU e SP7. Habilidades com Planilhas em Excel e MS Project e negociação com fornecedores,gerenciamento de equipes.

Fabrício de Amorim Rodrigues

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Amazonas (2008) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2015). E atualmente coordena do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro.

Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo

Possui graduação em Economia, mestrado em Desenvolvimento Regional e doutorado em Ciências da Educação. Atualmente é Coordenadora de Pesquisa e Extensão do Instituto Metropolitano de Ensino-IME, atuando principalmente nos seguintes temas: Sustentabilidade, Pesquisa, Iniciação Cientifica, Articulação entre Pesquisa, Ensino e Extensão. Autora do Projeto Produzir e Publicar.

Prefácio

A construção do conhecimento nos dias atuais, exige dos discentes habilidades de produções científicas pouco difundidas no decorrer da graduação, devido a essa especificidade é desafio para as instituições de ensino e professores apresentarem de maneira prática e otimizada essa temática, de forma a gerar estudantes cada vez mais interessados e preparados nesse quesito.

É comum aos acadêmicos de engenharia grande renitência a escrita, principalmente quando apresentados as disciplinas de produção metodológica e literária. Essa característica tem dia após dia contribuído para a formação de profissionais cada vez menos preparados para discussões com embasamentos teóricos agravando o cenário de despreparo em formação de ideias e debates, tão necessários atualmente.

A inserção do aluno no cenário da pesquisa permite que seja desenvolvido um aprofundamento imprescindível em assuntos de cunho técnico, trazendo expansão de linhas de conhecimento de maneira mais proveitosa e eficaz, mitigando os danos caudados por anos de conhecimento raso e limitado.

Nesse Livro, os autores são finalistas do curso de bacharelado em Engenharia Civil e abraçaram o desafio de produzirem artigos tecnicamente compatíveis com as necessidades da área, trazendo abordagens funcionais e conteúdos ricos em temas envolvendo métodos construtivos, novos materiais, otimização de processos e revisões sobre temas da construção civil que motivam o reconhecimento ao setor.

As produções que fazem composição ao livro aqui apresentado, servirão de base para diversas pesquisas futuras, apoiarão as novas gerações de pesquisadores proporcionando aumento qualificado de acervo científico e contribuindo com os profissionais da engenharia civil na resolução de problemáticas rotineiras dentro dessa área de conhecimento.

Dessa maneira estima-se que esse livro sirva de aprimoramento intelectual no processo de aprendizagem e que também estimule estudantes das mais diversas extensões a produzirem novos conteúdos científicos ao longo da sua jornada acadêmica e profissional.

Prof.ª M.E Sara Santarém

SUMÁRIO

Capítulo 1: Estudo comparativo entre os métodos de dimensionamento de pavimentos: CBR e medina. 08

Alan Patrício do Amaral Rosestengel, Wollacy Stive dos Santos Lima, Igor Bezerra de Lima, Sara dos Santos Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.01

Capítulo 2: Concreto permeável: Viabilidade técnica na drenagem urbana na cidade de Manaus..... 18

Andreza Silva Avelino, Samai Thaise Moraes Barbosa, Sara dos Santos Santarém, Luciane Farias Ribas

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.02

Capítulo 3: Logística dos materiais para produção de concreto na cidade de Manaus 31

Tatianne da Silva Araújo Dejard, Arisa Viana da Silva, Luciane Farias Ribas, Sara dos Santos Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.03

Capítulo 4: Avaliação das propriedades intrísecas ao bioconcreto e de suas composições: Caracterização e aplicações 46

Julian Monteiro Santiago, Caio Vinicius Barros Botelho, Sara dos Santos Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.04

Capítulo 5: Análise do planejamento de suprimentos em tempo de pandemia do novo coronavírus: Estudo de caso sobre um empreendimento unifamiliar no município do Iranduba – AM 56

Claudiney Freire Araújo, Gabriel de Freitas Frigo, Sara Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.05

Capítulo 6: Bambu na construção civil: A sua contribuição para redução da geração de resíduos..... 72

Gerlaine Aparecida de Araújo Guedes, Moisés Vieira Alves Júnior, Sara dos Santos Santarém, Luciane Farias Ribas

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.06

Capítulo 7: Re-impermeabilização de reservatório elevado Manaus/AM..... 83

Isabelle Souto Semenoff, Renata Araújo Ferreira, Sara dos Santos Santarém, Frank Albert Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Análise comparativa entre a pavimentação flexível e rígida na Av. Buriti no bairro do distrito industrial na cidade de Manaus-AM 94

Keila de Oliveira Santos Monteiro, Igor Fernandes da Silva, Igor Bezerra de Lima, Sara dos Santos Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.08

Capítulo 9: Bambu: Uso de bambu em concreto como reforço em substituição ao aço 104

Johnnathan Araújo de Oliveira, Thiago Santana de Paula, Luciane Farias Ribas, Sara dos Santos Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.09

Capítulo 10: Controle e correção do pH do solo da construção civil: Referencial teórico 114

Karla Bianca Brasil da Silva, Saymon de Souza Albuquerque

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.10

Capítulo 11: Perfilamento à laser para detecção de vias fluviais no meio urbano em Manaus 124

Sabrine dos Santos Carvalho, Larissa Costa da Paixão, Igor Bezerra de Lima, Sara Santarém

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.11

Capítulo 12: Análise das condições de acessibilidade nos espaços públicos em patrimônio tombado 136

Laysa Vanessa Monteiro dos Santos, Mariana Monteiro Moura

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.12

Capítulo 13: Extensão do sistema de abastecimento de água no município Careiro Castanho, no Amazonas 153

Mariana Teobaldo Gonçales, Pedro Henrique Batista de Paula, Sara dos Santos Santarém, Luciane Farias Ribas

DOI: 10.36229/978-65-5866-173-3.CAP.13

Capítulo 1

Estudo comparativo entre os métodos de dimensionamento de pavimentos: CBR e medina.

Alan Patrício do Amaral Rosestengel
Wollacy Stive dos Santos Lima
Igor Bezerra de Lima
Sara dos Santos Santarém

Resumo: A demanda por mais produção em menores intervalos de tempo tomou conta do mercado de pavimentações no Brasil, com ênfase para as rodovias, infraestrutura utilizada para o escoamento da produção em todo o país. Para atender essa demanda, faz-se necessário o desenvolvimento de um método de dimensionamento mais eficiente que o já utilizado. Trata-se do método CBR, desenvolvido em 1939 para o dimensionamento de pavimentos flexíveis e se tornou obsoleto se comparado aos métodos contemporâneos adotados por países da Europa e da América do Norte, que investiram muito em pesquisas para o desenvolvimento de *softwares* que auxiliam no dimensionamento de pavimentos flexíveis de acordo com as demandas locais, ao contrário do CBR, que ainda rege o dimensionamento de acordo com as condições climáticas californianas. O resultado de pesquisa que despertou o desenvolvimento de um *software* no Brasil encontra-se na tese de doutorado de Franco (2007), o SISPAV, que depois foi aperfeiçoado e deu origem ao MeDiNa. Devido a tais mudanças, o DNIT tem investido para a substituição do CBR, todavia, muitas empresas de pavimentação ainda utilizam este método, não tendo conhecimento do MeDiNa ou ignorando seus avanços. Este estudo permite a comparação do desempenho deste método perante o ultrapassado CBR.

Palavras-chave: Pavimentação, CBR, MeDiNa.

1. INTRODUÇÃO

Desde os anos 1950 o modal rodoviário tem sido utilizado em larga escala para o escoamento da produção e o tráfego de pessoas no Brasil, ultrapassando as linhas férreas. Tal transformação mudou a imagem do tráfego brasileiro, assim como a economia do país, que passou a depender do mercado internacional de automóveis, caminhões, carretas e do próprio preço do petróleo, que além de ser matéria-prima para a produção dos combustíveis fósseis, também é matéria-prima base da construção das rodovias.

No âmbito da logística de transportes, a base da atual situação no Brasil se dá por deficiências e negligências de políticas governamentais sobre o investimento a ser aplicado, além do fato de haver uma distorção da matriz de transporte que conduz para um grande preconceito econômico e competitivo, que reflete suas consequências no Custo Brasil (ERHART e PALMEIRA, 2006). O Custo Brasil é a soma das incógnitas estruturais que afetam no custo dos produtos em comparação aos outros países, tornando-os menos competitivos no exterior e no interior do país. Tais incógnitas envolvem infraestrutura, logística, alta e confusa carga tributária e elevada taxa de juros (CALDEIRA, 2011).

Atenuar essa diferença é a meta mais saudável para aumentar a competitividade e impulsionar a atividade industrial no Brasil, e é obvio que o quesito orçamento afeta o preço final dos produtos, pois a construção de uma rodovia não é barata. Se for feito com material de baixa qualidade, assim como as condições locais de topografia e mecânica do solo, o pavimento não resistirá às altas cargas axiais que sofrerá durante sua existência, reduzindo sua vida útil e aumentando os prejuízos.

Uma alternativa para reduzir o orçamento de uma obra rodoviária já foi adotada nos países europeus e norte-americanos, que é a mudança de método de dimensionamento de pavimentos com base em ensaios que sejam mais viáveis financeiramente que o CBR (California Bearing Ratio), utilizando de softwares com algoritmos que auxiliam de maneira mais precisa o dimensionamento de pavimentos.

O método CBR (California Bearing Ratio) é largamente utilizado no Brasil para projetos de dimensionamentos de pavimentos asfálticos ministrados tanto pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) quantos pelos órgãos estaduais e municipais de infraestrutura responsável pela mobilidade rural e urbana. Porém, esse método têm se mostrado desatualizado e menos eficaz perante outros métodos de dimensionamento de pavimentos já aplicados em larga escala em Países do Norte por serem economicamente viáveis perante o método CBR.

O principal objetivo deste artigo é o estudo comparativo dos resultados apresentados pelo método CBR e pelo MeDiNa (Método de Dimensionamento Nacional), este último sendo proposto pelo DNIT para a substituição do CBR desde 2018, tendo seu desenvolvimento obtido através da atualização do software SISPAV, proposto na tese de doutorado de Franco (2007).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PAVIMENTOS

Pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sobre o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo (SANTANA, 1993). De acordo com a Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR – 2006), pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.

São estruturas que devem atender operacionalmente ao tráfego de maneira durável, evitando o máximo possível o número de manutenções durante a vida útil do pavimento. Para que tal objetivo seja atingido, é necessário o cuidado e atenção nas etapas de cálculos e materiais que serão utilizados. Dimensionamento consiste em determinar as espessuras de cada camada constituinte na estrutura do pavimento, partindo da escolha dos materiais apropriados para cada camada e de critérios de ruptura que os modelos de análise estabelecem (FRITZEN, 2016).

2.1.1. PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Segundo o Manual de Pavimentação (DNIT, 2017), aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas, e isso gera um campo de tensões concentrado nas

extremidades do ponto de aplicação da carga fazendo com que a dissipação dos esforços seja baixa. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

2.2. ESTRUTURA DO PAVIMENTO ASFÁLTICO

2.2.1. SUBLEITO

Parafraseando o Manual de Pavimentação (DNIT, 2007), subleito define-se por terreno de fundação onde o pavimento será apoiado. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (DNIT trabalha com 1,0m). Acima do subleito pode ser encontrado a Regularização do Subleito, é uma faixa de nivelamento do subleito, construída sobre ele com a finalidade de conformá-lo transversal, e longitudinalmente. Não necessariamente constitui uma camada do pavimento. Por exemplo, se o CBR do material do subleito for < 2%, ele deve ser substituído por um material melhor (2%≤CBR≤20), até pelo menos 1,00m.

2.2.2. REFORÇO DO SUBLEITO

Segundo o DNIT, é a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico-econômicas, será executada sobre o subleito regularizado. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base.

2.2.3. SUB-BASE

De acordo com o DNIT, tem-se por sub-base a camada que for complementar à base. Deve ser usada quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas. Pode ser usado para regularizar a espessura da base. Nos pavimentos rígidos esta camada é usada para evitar bombeamento de solo do subleito.

2.2.4. BASE

De acordo com o exposto no Manual de Pavimentação, base se define pela camada destinada a resistir e distribuir ao subleito, os esforços provenientes do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento. Nos pavimentos rígidos essa camada é normalmente dispensada, mas sua presença é essencial em pavimentos flexíveis, uma vez que, após a deformação do revestimento, sua função estrutural é proteger as camadas inferiores do pavimento, a fim de não comprometer a estrutura por completo.

2.2.5. REVESTIMENTO

É camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada econômica e simultaneamente: melhorar as condições de conforto e segurança do usuário; resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície do rolamento; e deve ser resistente ao desgaste. O CBUQ é mais nobre dos revestimentos flexíveis. É uma mistura de agregados feita em usina seguindo rigorosas especificações. A execução desse revestimento é o serviço que requer mais acurado controle dentre os que compõem as etapas de pavimentação.

2.3. ENSAIO CBR

Em 1939 o ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC), nome traduzido de California Bearing Ratio, foi desenvolvido pelo engenheiro O. J. Porter, e posteriormente aprimorado pelo United States Corps of Engineers (USACE), com o objetivo de integrar, no dimensionamento de pavimentos rodoviários, um método determinante da capacidade de suporte de um solo compactado. Em 1966, introduzido no Brasil pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza, por ser um ensaio que melhor se adaptava à realidade brasileira na época, o ensaio de CBR foi rapidamente disseminado pelo país inteiro. Atualmente, é regido pela ABNT: NBR 9895/2016.

De acordo com a norma técnica NBR 9895 ensaio California Bearing Ratio se define pela relação entre a pressão necessária de penetração de um pistão padronizado em uma amostra de solo e a pressão necessária para penetrar o mesmo corpo de prova em uma brita graduada padrão. Dessa forma, ao se deparar com o resultado de um ensaio CBR = 20%, entende-se que aquela amostra de solo representa 20% de resistência à penetração da brita padronizada.

Esse tipo de ensaio permite ainda obter o índice de expansividade do solo, uma vez que, em uma etapa do ensaio, o solo é imerso em água por no mínimo quatro dias, e isso possibilita uma análise da expansão da amostra ensaiada. Significa a obtenção de um parâmetro importante, relacionado à durabilidade. É esse o ensaio mais amplamente adotado por projetistas de pavimentos em órgãos rodoviários. O ensaio CBR possui três etapas: compactação do corpo de prova, expansão e resistência à penetração.

Durante a primeira etapa, compactação do corpo de prova, é executada a compactação com energia padrão, obedecendo-se ao número correto de golpes de camadas, correspondentes à energia desejada, seja ela normal ou modificada. Normalmente se moldam cinco corpos de prova, variando o teor de umidade para que seja possível caracterizar a curva do CBR. O gráfico auxilia para observação do resultado da variação da densidade aparente seca e a umidade ótima das amostras de solo, numeradas de CP1, CP2, CP3, CP4 e CP5.

Após a compactação e determinação do teor de umidade ótima, vem a etapa de expansão, onde os corpos de prova ficarão imersos em água e expandirão durante o período de quatro dias, realizando-se leituras a cada vinte e quatro horas.

A última etapa, resistência à penetração, definirá o Índice de Suporte Califórnia (CBR), onde os corpos de prova serão retirados de seu estado imerso, submetidos à drenagem com duração de 15 minutos, e levados para a prensa, onde deverão ser rompidos através da penetração de um pistão cilíndrico, a uma velocidade de 1,27 mm/min. Utilizando um anel dinamômetro na prensa, são registrados os valores necessários para o cálculo das pressões de cada penetração.

Para o cálculo, são utilizadas as pressões lidas entre as penetrações de 2,54 e 5,08 mm, que podem ser expressas através da fórmula CBR. Esta fórmula compõe-se pela razão entre a pressão corrigida e a pressão padrão, sendo seu valor expresso em porcentagem e o resultado final obtido através da amostra que ostentar o maior valor de CBR. O esquema aritmético da fórmula é a exposta a seguir:

$$CBR(\%) = \frac{PRESSÃO\ CORRIGIDA}{PRESSÃO\ PADRÃO}$$

Quando se recebe um relatório do laboratório de controle tecnológico, sua apresentação precisa ser concisa, contendo sempre os valores da massa específica aparente máxima seca, CBR e expansão. Em relatórios mais completos, estes valores vêm acompanhados de gráficos, onde são encontrados estes mesmos índices em relação à umidade do solo ensaiado.

Os resultados dos ensaios são variáveis de acordo com a textura (granulometria) do solo e da composição mineral de suas partículas, dificultando-se a previsão do CBR. Entretanto, pode-se afirmar que os siltes e outros solos expansíveis apresentam baixos valores de CBR, inferiores a 6%, enquanto que solos finos em geral, como os solos arenosos, apresentam valores de CBR entre 8% e 20%. Já os solos grossos, incluindo pedregulhos e as britas graduadas, situam-se em patamares de 50% a 100%, atingindo valores superiores. Para padrões de projeto, pisos e pavimentos rígidos requerem CBR $\geq$ 8%, enquanto que os pavimentos flexíveis exigem valores de CBR $\geq$ 12% (DNIT, 2007).

Diferente dos índices de CBR, os índices de expansão não afetam diretamente no dimensionamento de pisos e pavimentos, porém a sua avaliação é imprescindível, pois um solo potencialmente expansivo, poderá provocar manifestações patológicas irreparáveis. Segundo o manual de pavimentação do DNIT, os valores usuais de expansão são categorizados de acordo com o tipo de função estrutural exercida, conforme a seguinte classificação: Sub-base com expansão $\leq$ 1 %; Subleito com expansão $\leq$ 2 %; e reforço do subleito com expansão $\leq$ 2 %.

2.4. MÉTODO MECANÍSTICO EMPIRÍSTICO

O conceito central do método de dimensionamento Mecanístico Empirístico (ME) é a compreensão de que o pavimento, como demais estruturas de engenharia, pode ter seu comportamento avaliado analiticamente, e é o princípio básico da teoria da mecânica das estruturas. Como consequência, esforços, resistência dos materiais e todos os fatores que intervêm precisam ser equacionados. A avaliação da estrutura, por sua vez, é realizada através do equilíbrio entre esforços que a ela são impostos pelas cargas de tráfego e suas devidas repetições, e a capacidade resistente dos materiais que a constituem.

Para Franco (2007), o dimensionamento ME pode ser resumido em: reunir os dados referentes aos materiais doe pavimentação, ao tráfego e às condições ambientais; correlacionar os dados de resistência dos materiais e tráfego em função das épocas sazonais e o comportamento dos materiais em função do tipo de carregamento; escolher as espessuras das camadas e calcular as tensões e deformações considerando as diversas correlações obtidas; relacionar os valores críticos de tensões e deformações com os danos que a repetição das cargas pode causar ao pavimento por meio de modelos de previsão; e verificar se as espessuras escolhidas satisfazem as condições impostas no dimensionamento.

Nos Estados Unidos, os pavimentos são dimensionados pelo *Mechanist-Empirical Pavement Design Guide* – *MEPDG* (Guia de Dimensionamento Mecanístico-Empírico de Pavimentos). O método foi desenvolvido em 2004 pela American Association Of State Highway And Transportations Officials – ASSHTO. A aplicação de tal método é auxiliada por um software com interface acessível e orientada ao usuário, baseado nos procedimentos estabelecidos pelo guia.

No primeiro estágio, chamado de Avaliação, têm-se o levantamento e a identificação das entradas requeridas para análise. È o avaliado o subleito, os materiais do pavimento e a composição do tráfego. O clima é avaliado por uma ferramenta que modela seus efeitos quanto à temperatura e umidade em cada camada do pavimento e no subsolo, sendo o software inclui uma base de dados extensa para mais de 800 localidades dentro dos EUA. Com o dimensionamento prévio das camadas, é definido o sistema de drenagem e, por fim, feita uma avaliação quanto à efetividade do projeto do ponto de vista da engenharia e dos custos.

O segundo estágio, designado Análise, faz uma abordagem interativa com o projeto simulado computacionalmente. Para isso, parte-se de uma estimativa das espessuras das camadas, do conhecimento das características geométricas da pista, tráfego projetado, o coeficiente de Poisson, a elasticidade das camadas, e a interação entre elas, entre outras especificidades. A seção é analisada em função da resposta da interação entre as camadas e do aparecimento de defeitos ao longo do tempo, assim o resultado da análise funciona como uma previsão dos danos acumulados no horizonte projetado. Se o projeto experimental não atender aos critérios de desempenho estabelecidos, são feitas modificações e é repetida a análise, até que se obtenham resultados satisfatórios.

O terceiro estágio é denominado Seleção Estratégica. Consiste na avaliação do ponto de vista técnico, e dos custos associados ao atendimento da vida do projeto, das soluções estruturalmente viáveis identificadas no segundo estágio. Se tiver sido identificada mais de uma alternativa estruturalmente viável, as avaliações realizadas nesse estágio são fundamentais para que seja selecionado o projeto mais adequado. O resultado desse estágio é a seleção final do projeto de pavimento a ser executado.

Existem diversas metodologias com caráter mecanístico-empírico. O que pode mudar é a ferramenta de obtenção do estado de tensões, critério de desempenho e os fatores campo laboratório para determinar a capacidade resistiva dos materiais. O Método Nacional de Dimensionamento de Pavimentos é um software que utiliza o método mecanístico-empirístico, e propõe resultados mais apropriados para a aplicação em larga escala em vários territórios do Brasil, seguindo a mesma lógica do algoritmo do software ME PDG usado nos Estados Unidos.

O principal motivo da substituição do método CBR pelo MeDiNa seria que, enquanto o MeDiNa adapta os cálculos para determinado ambiente, o CBR obtém resultados com base em pavimentos dimensionados no estado americano da Califórnia em 1939. O problema base é que, ao invés de se dimensionarem pavimentos adequados para o Brasil (que possui climas equatoriais, semiáridos, tropicais, subtropicais e temperados), dimensionam-se pavimentos adequados para o estado temperado da Califórnia, nos EUA.

2.5. NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO MECANÍSTICO-EMPÍRICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

O Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos MeDiNa é resultado de uma pesquisa desenvolvida entre 2015 e 2018 pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da UFRJ – COPPE com a colaboração do Centro de Pesquisas da Petrobrás – CENPES e de diversas Universidades do Brasil. O referido trabalho se intitula, *Execução de estudos e pesquisas para a elaboração de método mecanístico – empírico de dimensionamento de pavimentos asfálticos (IPR, 2018).*

A finalidade do IPR com esse trabalho é desenvolver pesquisas, metodologias e procedimentos, visando a implantação no DNIT de um novo método de dimensionamento de pavimentos asfálticos, para realizar projetos de estruturas de pavimento mais adequadas às condições de solicitações de tráfego, proporcionando melhoria dos processos de avaliação dos projetos contratados e confiabilidade de estimativa da vida útil.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Rodoviárias, os objetivos específicos para com a pesquisa são: análise crítica dos métodos existentes em vigor no IPR; análise crítica dos bancos de dados existentes do IPR e DNIT de interesse direto no escopo deste projeto; estabelecimento dos princípios do novo método de dimensionamento; elaboração de sistemas de dimensionamento, ferramentas de análise de tensões e deformações e aplicação de critérios de ruptura ou equações de desempenho; estabelecimento de critérios de calibração das equações de desempenho; elaboração de manuais e treinamentos; implantação e acompanhamento das funcionalidades do sistema; e fechamento do projeto e entrega do "Método".

2.5.1. APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA

O MeDiNa é uma ferramenta computacional de dimensionamento de estruturas de pavimentos asfálticos dentro da metodologia mecanística empírica. A mesma vem na condição de elemento chave para a nova proposta de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT.

A assistência do dimensionamento da estrutura do pavimento é executada por rotinas que efetuam o cálculo de tensões no interior das camadas dos pavimentos (AEMC), e modelos que avaliam o desempenho dos mesmos. É imperativo que para a boa avaliação ou dimensionamento estrutural de um pavimento, o conjunto de informações de entrada sejam subsistentemente exatas. As informações passam através do subleito e das outras camadas que compõem o pavimento, isso é feito com ensaios laboratoriais. As informações referentes ao tráfego também precisam de suficiente acurácia.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo em questão, com o intuito de comparar os métodos CBR e MeDiNa, foi considerado, para fins de cálculo, o solo fino argiloso, característico da composição geológica do solo amazônico. Para fins de cálculo, utilizou-se como base o trecho da Rotatória da Samsung O fluxo de veículos na via auxiliou na obtenção no número "N", incógnita que representa o número equivalente de operações em um eixo adotado como padrão (8,2 toneladas) coordenou a procura do valor CBR de cada camada do pavimento para então se descobrir suas espessuras. O procedimento do cálculo do número "N" está explicado no Manual de Pavimentação do DNIT (2017), e segue a seguinte expressão:

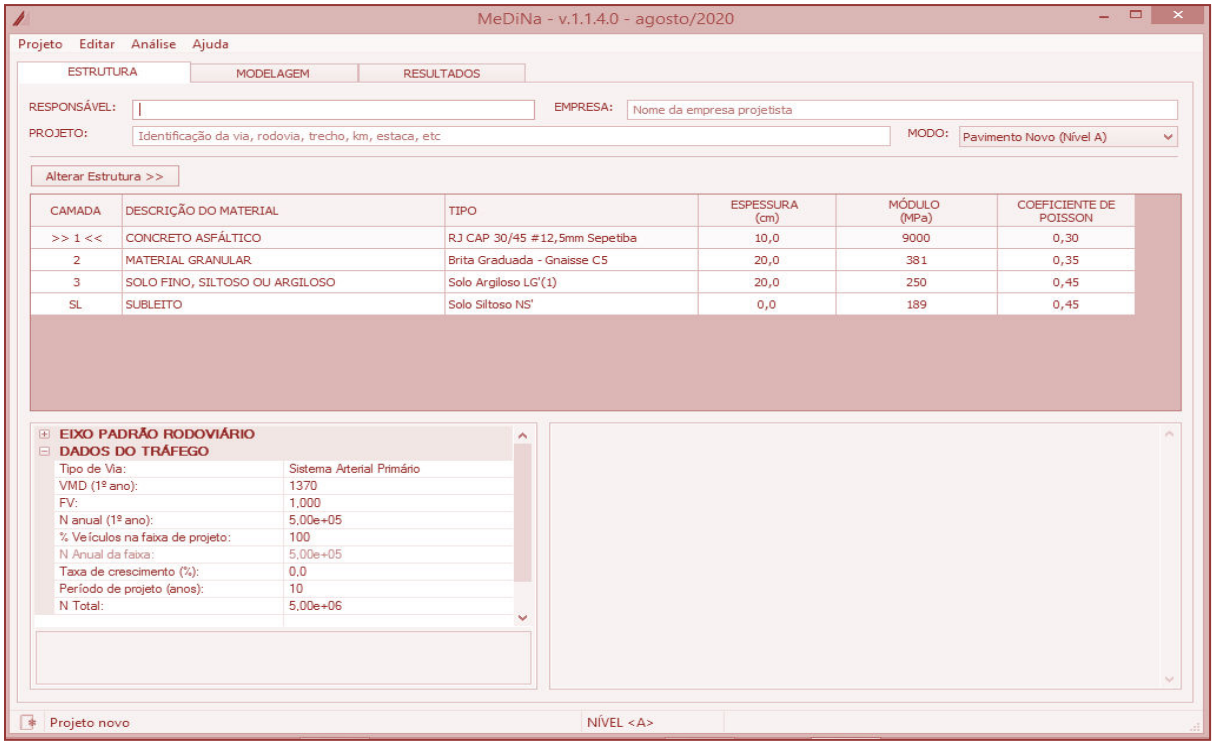
$$N = 365.VDM.P.FV.FR$$

Adquirindo como base essa fórmula, onde "VDM" corresponde ao volume médio diário, "P" representa o valor de vida útil do projeto, "FV" significa fator de veículos e "FR" se dá pelo fator regional, tem-se os meios necessários para o alcance do número ISC (Índice de Suporte Califórnia) ou CBR.

O cálculo de N levou em consideração: Volume Médio Diário igual a 36700 (dado fornecido pelo IMMU sobre o trecho da Rotatória da Samsung, adotado para fins de cálculo e exemplificação); Tempo de Vida Útil do Projeto equivalente a 10 anos (dado este também adotado durante o manuseio do MeDiNa); Fator de Veículos igual a 1,0; e Fator Regional igual a 2145mm (2,145 na efetuação do cálculo, uma vez que as unidades utilizadas pertencem ao padrão do Sistema Internacional de Unidades). A aplicação dos dados para o ensaio CBR auxilia na dimensão de um pavimento com cada uma de suas camadas divididas e

especificadas, mas ficou obsoleto com a presença de softwares que mostram rapidez e eficiência no alcance de resultados, como é o caso do MeDiNa.

Figura 1: Interface do Software MeDiNa.



Fonte: Próprio Autor. Novembro/2020.

A interface do MeDiNa transmite segurança para o engenheiro projetista, levando em conta suas especificações técnicas e o dimensionamento de cada camada. O programa permite que o responsável técnico altere as configurações dos materiais componentes de cada camada, a espessura das mesmas e o coeficiente de Poisson, que mede a deformação transversal do objeto de estudo.

Sua funcionalidade se torna mais segura com a opção de análise (F2 ou F3) que, além de detectar possíveis falhas no projeto, especifica os dados errados e as condições de aplicação de cada material e espessura de cada camada. A partir da análise, são fornecidos pelo software os percentuais de danos por trincamento ao final do período de vida útil do projeto, assim como os percentuais acumulados em cada mês durante tal período.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A efetuação do cálculo do número N chegou ao valor de 5,7138 x 10^8, demandando, segundo o Manual de Pavimentações do DNIT, uma camada de pavimentação de, no mínimo, 12,5 centímetros de espessura (DNIT, 2017). A partir deste resultado, consultou-se o gráfico de espessura por ordem de grandeza de N, para que, utilizando como base a função linear do CBR, fossem encontradas as espessuras teóricas, segundo o *software*, para cada camada do pavimento.

Os resultados correspondentes à análise do gráfico foram: Sub-leito sem módulo de espessura, com CBR 20%; Reforço do Sub-leito com 20 centímetros de espessura, aproximadamente, com CBR 20%; Sub-base com espessura 15 centímetros, CBR 20%; Base com 20 centímetros de espessura, CBR 20%; e Revestimento de 10 centímetros de espessura. De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, se o valor de N apresentar sua ordem de grandeza acima de 10^7, a camada estudada deve ter, pelo menos, 12,5 centímetros de espessura.

Notou-se que o método CBR apresenta eficiência para a obtenção dos cálculos das camadas do pavimento asfáltico e resultados satisfatórios, fato que justifica sua utilização em larga escala no Brasil e em outros

países. Todavia, os resultados apresentados pelo método empirístico mecanístico fornecido pelo *software* MeDiNa apresentam-se mais completos e eficientes, proporcionando o material que deverá ser utilizado nas camadas do pavimento e sua especificações. A figura 2 demonstra o resultado obtido.

Figura 2: Estrutura do Pavimento.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO BORRACHA CAPFLEX B PG 64-22	10,0	Resiliente Linear MR = 4980 MPa	0,30
2	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) Balbo, 1993 c: 80 kg/m³	20,0	Sigmoidal Ei (MPa) = 7000 (1º mês) Ef (MPa) = 6998 (fim período)	0,25
3	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) Balbo, 1993 c: 80 kg/m³	15,0	Sigmoidal Ei (MPa) = 7000 (1º mês) Ef (MPa) = 6998 (fim período)	0,25
4	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO Solo Areno-argiloso LG'(2)	20,0	Resiliente Linear MR = 248 MPa	0,45
5	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Próprio Autor. Novembro/2020.

No que diz respeito aos danos por trincamento, o MeDiNa proporciona dados mensais de previsão para o tempo de vida do projeto (10 anos ou 120 meses). A figura 3 mostra os resultados da análise.

Figura 3: resultado da análise do pavimento.

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	4,167e+04	0,42%	1,4
6	2,500e+05	0,76%	1,5
12	5,001e+05	0,97%	1,6
18	7,501e+05	1,11%	1,6
24	1,000e+06	1,23%	1,7
30	1,250e+06	1,34%	1,7
36	1,500e+06	1,43%	1,7
42	1,750e+06	1,51%	1,7
48	2,000e+06	1,59%	1,7
54	2,250e+06	1,66%	1,7
60	2,500e+06	1,73%	1,8
66	2,750e+06	1,80%	1,8
72	3,000e+06	1,86%	1,8
78	3,250e+06	1,92%	1,8
84	3,500e+06	1,98%	1,8
90	3,750e+06	2,04%	1,8
96	4,000e+06	2,09%	1,8
102	4,250e+06	2,14%	1,8
108	4,500e+06	2,19%	1,8
114	4,750e+06	2,25%	1,8
120	5,001e+06	2,29%	1,8

Fonte: Próprio Autor. Novembro/2020.

Ao final do projeto, o pavimento em questão teria apenas 2,29% de sua superfície trincada, com precisão da análise de 85%. O programa também realiza uma análise de afundamento dos trilhos de roda, como mostra a figura 4.

Figura 4: Análise de afundamento de trilha de roda.

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO BORRACHA	0,00
2	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)	0,00
3	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)	0,00
4	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	1,34
5	SUBLEITO	0,50
	Afundamento de Trilha de Roda (mm)	**1,8**

Fonte: Próprio Autor. Novembro/2020.

5. CONCLUSÃO

A julgar pelos resultados apresentados anteriormente, o método CBR se mostrou menos detalhado e de menor eficiência, tendo em vista sua desatualização perante a demanda atual do mercado de pavimentação. Este método foi desenvolvido no Estado americano/ da Califórnia na primeira metade do século XX, e atualmente, quase um século depois, programas de computador resolvem os problemas de dimensionamento de pavimentos em poucos minutos.

O DNIT aprovou em abril de 2015, através de sua diretoria, um catálogo contendo possíveis soluções de manutenção para pavimentos flexíveis, com a finalidade de ser aplicado no âmbito do planejamento de rodovias (COSTA e MORAES, 2015). A aprovação do catálogo foi o primeiro passo para o processo inevitável de substituição do método CBR, que se torna obsoleto nos dias atuais, e uma dessas alternativas é o método MeDiNa, eficaz na apresentação de resultados detalhados que atende melhor a demanda, em um século onde perder tempo significa perder dinheiro.

Outros países já substituíram o método CBR por alternativas contemporâneas, utilizando o computador como principal instrumento de trabalho e, tão quanto esses países, o Brasil caminha neste mesmo processo, buscando atender a forte demanda econômica por qualidade nos pavimentos rodoviários, uma vez que a maior parte da produção agropecuária e industrial ainda viaja em caminhões e carretas que exigem rodovias de boa qualidade.

Dado o exposto resultado deste estudo, está claro que a utilização do método CBR tem seus dias contados, em consequência do desenvolvimento do programa de Método de Dimensionamento Nacional. Dessa forma, o orçamento e os insumos gastos com o CBR poderão ser deixados de lado, abrindo espaço para o mercado de *softwares* e possibilitando futuras alternativas que um dia virão para substituir o MeDiNa.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5734/89: Peneiras para ensaio – Especificação.

[2] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457/16: Amostras de solo – Preparação para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização – Método de ensaio.b

[3] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182/20: Solo – Ensaio de compactação – Método de ensaio.

[4] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895/17: Solo – Índice de Suporte Califórnia – Método de ensaio.

[5] ASSHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS), Guide for design and pavement, Washington, 1993.

[6] BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo. Ed. Oficina de Textos, 2007.

[7] BRASIL. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens - DNIT. Manual De Reabilitação De Pavimentos Asfálticos. Publicação IPR – 704. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro, 1998.

[8] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 134-ME: Pavimentação – solos – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

[9] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT (norma em fase de consulta pública)-ME: Pavimentação Asfáltica – Ensaio de fadiga por compressão diametral e a tensão controlada – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

[10] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 135-ME: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

[11] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Pavimentação. Publicação IPR – 719. Rio de Janeiro, 2017.

[12] COSTA, L. C. S.; MORAES, O. L. P. "O Uso do Sistema de Gerencia de Pavimentos no Setor de Planejamento do DNIT". 44ª Reunião anual de Pavimentação, Foz do Iguaçu, PR, 2015.

[13] ERHART, S.; PALMEIRA, E. M. Análise do Setor de Transportes. Observatorio de la Economia Lationamericana. N° 71, 2006.

[14] FRANCO, F.; VIEIRA, A.; SILVA, C. Considerações sobre o dimensionamento do revestimento asfáltico no Brasil e sua relação com a degradação prematura de pavimentos. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Pavimentação, 2016.

[15] FRANCO, F. A. C. de P. Método de Dimensionamento Mecanístico Empirístico de Pavimentos Asfálticos – SISPAV. Tese de D. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

[16] FRANCO, F. Um Sistema Para Análise Mecanística de Pavimentos Asfálticos. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2000.

[17] FRITZEN, M. A. Desenvolvimento e Validação de Função de Transferência Para Previsão do Dano Por Fadiga em Pavimentos Asfálticos. Tese de D. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2016.

[18] INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Execução de estudos e pesquisa para elaboração do método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimentos asfálticos. Convênio UFRJ/DNIT. 19 de junho de 2018.

[19] SANTANA, H. Manual de Pré-Misturados a Frio. Ed. IBP/Comissão de Asfalto. Rio de Janeiro, 1993.

[20] SENÇO, W. Manual de Técnicas de Pavimentação. Ed. PINI, 2ª ed. São Paulo, 2008.

Capítulo 2

Concreto permeável: Viabilidade técnica na drenagem urbana na cidade de Manaus

Andreza Silva Avelino
Samai Thaise Moraes Barbosa
Sara dos Santos Santarém
Luciane Farias Ribas

Resumo: O crescimento populacional tem provocado situações preocupantes quanto ao uso e ocupação do solo desordenado, ocasionando diversos impactos ambientais como inundações, enchentes, degradação das aguas pluviais, entre outros. E para reduzir os grandes volumes de escoamentos superficiais, minimizar impactos, aumentar a capacidade de infiltração, o concreto permeável em pavimentos apresenta-se como uma possível alternativa de resposta. O objetivo geral deste artigo é analisar a viabilidade técnica do concreto permeável por meio das propriedades físicas e mecânicas, demostrando a aplicabilidade em determinada via de Manaus. Para a realização da pesquisa foram levantados dados sobre as propriedades físicas e mecânicas por meio de pesquisa bibliográfica sistemática. Para avaliar a viabilidade técnica do concreto permeável em vias da Cidade de Manaus, um estudo das características de uma determinada via foi realizado, identificando os parâmetros de projeto para o uso de pavimento permeável. Com isso foi possível avaliar a aplicação de pavimento permeável em uma via de Manaus identificando as vantagens e limitações no uso de técnica construtiva. Percebe-se para a fim de uso do concreto permeável é um material com boas características drenantes e eficiente propriedade de resistência e permeabilidade, mostrando um grande potencial como pavimento permeável em vias de intensidade de tráfego para pedestres e veículos leves.

Palavras-chave: Viabilidade, impactos, pavimento permeável.

1 INTRODUÇÃO

As grandes metrópoles enfrentam inúmeros problemas devido, muitas vezes, à um planejamento urbano irregular. Um dos impactos que o crescimento de uma área urbana provoca no movimento da água está ligado ao aumento das superfícies impermeáveis, onde diversas cidades se desenvolvem sem o concordante planejamento do uso do solo.

Os centros urbanos ocasionam mudanças no solo, alterações em cursos d'água, a devastação da floresta, e o crescimento desordenado das cidades juntamente com o descaso de políticas governamentais. Que geraram por si só, uma constante alteração do ciclo hidrológico, afetando assim alguns fatores como a drenagem das águas pluviais, em virtude da retirada da cobertura vegetal e da grande impermeabilização do solo segundo (TUCCI, 1995).

A infraestrutura tem um papel crucial no desenvolvimento das grandes cidades, pois ela deve estar inserida em qualquer desenvolvimento, seja ela grandes zonas urbanas ou até mesmo o crescimento de pequenas cidades, desta forma é inevitável que para um crescimento ordenado não esteja ligado ao planejamento, obedecendo assim o plano diretor de cada cidade ou município, o crescimento das cidades ocorreu de maneira desordenada nas cidades brasileiras, isso ocorreu principalmente depois da revolução industrial, trabalhadores saiam do campo em busca de melhores moradias, ocupando assim sem qualquer planejamento os centros urbanos, isso implica diretamente nos impactos ambientais, mas também nos sociais, isso está ligado também direta ou indiretamente nos processos de industrialização principalmente após a segunda guerra mundial. Manaus é uma metrópole em expansão que apresenta os problemas de uma cidade com crescimento desordenado, está continuamente precisando sofrer adaptações e melhorias. O concreto permeável pode resolver os problemas das vias de Manaus? (COSTA, 2006).

Visando uma forma de prevenir inundações e picos rápidos não só nos centros urbanos, mas em áreas distantes do centro, é necessário um estudo de aplicação do concreto permeável como forma de combate não só a questão das cheias, mas também, os tradicionais conceitos básicos a construção de obras que objetivam a liberação da água o mais rápido possível, sem agredir o solo e ambiente.

Assim sendo, este estudo se tornar relevante, pois, existem poucas pesquisas nesta linha de sobre como usar o concreto permeável. Além da relação de sua funcionalidade de implantação em via como meio de reduzir os diversos volumes de águas pluviais e futuras dificuldades na drenagem urbana, são temas escassos de publicações. Por isso a necessidade de realizar um estudo do assunto citado, entre quais buscam novas técnicas construtivas.

O objetivo deste artigo é análise da viabilidade técnica do concreto permeável por meio das propriedades físicas e mecânicas, demostrando a aplicabilidade na Avenida Getúlio Vargas na cidade de Manaus. Através de levantamento de dados secundários, estimando a variabilidade dos mesmos, de forma a avaliar a via e suas as características adequadas para o uso de pavimento permeável, mediante levantamento de dados, identificação dos parâmetros de projeto para sua utilização. A pesquisa ainda aborda a questão do crescimento urbano no mundo, no Brasil e em Manaus. Descreve também como a infraestrutura afeta o ordenamento urbano. Apresentado e baseado em revisão da literatura das propriedades e aplicações do concreto permeável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CRESCIMENTO URBANO

2.1.1 MUNDO

Hoje no mundo as migrações acontecem por inúmeros fatores, mas para entendermos isso é preciso saber de que maneira a globalização afeta o horizonte das migrações, ações como essas implicam na integração econômica de uma determinada sociedade, ditadas pelas regras do liberalismo, para poder entender políticas de migração mundial é importante entender o deslocamento estratégico e de necessidade de uma população assim como mobilidade social de pessoas (COSTA, 2003).

Não é de hoje que as políticas públicas exigem uma atenção especial, isso passou a ser uma preocupação de todos, é notório a desigualdade social quando se trata de necessidades básicas de uma população, desde os anos 90 essa problemática vem ganhando força, passando a ser não somente um problema de estado e sim de todos, pois uma crise no setor fiscal dos Estados, trouxe limitação aos gastos e uma preocupação maior com o que se refere a assistência social (COSTA, 2003).

O planejamento urbano é um processo desenvolvido a solucionar e melhorar as ocorrências na área urbana, as falhas são retratadas pela migração, ausência de políticas sociais, e vários outros fatores, existe uma certa carência de planejamento e incentivos políticos que criem soluções para o desencadeamento desses fatores que contribuem para melhores condições de vida, no mundo, a gestão de desenvolvimento sustentável é um desafio para criar soluções no contexto de convivência de políticas social e econômica (LEITE, 2012).

2.1.2 BRASIL

A migração acontece por diferentes causas, sendo desenvolvidas por diferentes motivos religiosos, culturais, ambientais, políticos e econômicos. No Brasil, os fatores econômicos são os principais responsáveis pelas correntes migratórias, pois, no país existem áreas mais industrializadas, sendo, portanto, mais atrativas para certos tipos de população. No entanto, a falta de oportunidade no mercado de trabalho em seu lugar de origem, por não possuírem mão de obra qualificada com vistas a atender o mercado que, a cada instante torna-se mais rigoroso e competitivo. Esse processo faz com que muitos deles passem por diversas dificuldades nos grandes centros urbanos, procurando assim uma um novo horizonte, segundo a ONU essas estatísticas crescem a cada dia, tornando um agravante a mais para os países escolhidos por esses imigrantes assim como o Brasil (OLIVEIRA, 2003).

Após a revolução industrial em busca de melhorias e renda, o homem começou a ocupar as cidades, criando assim as primeiras favelas, fazendo o papel de mediador entre o campo e as cidades, vários fatores foram levados em consideração para o início de todas essas questões assim com uma das principais que é a visão do lucro como um fator individual e primordial para essas questões tornando assim o interesse público de menor importância neste momento para o desenvolvimento dessas cidades (RIBEIRO, 1997).

No que se refere a cultura de um povo e da maneira como ele vive e compartilha seus hábitos em comunidade, tem grande influência na produção exacerbada do lixo e de como isso é tratado, isso pode agregar de maneira positiva ou não o cotidiano de uma população, porém é uma preocupação de todos e principalmente do poder público, fazer o descarte e tratamento correto desses resíduos, pois a cultura do consumo excessivo das pessoas, tem grande impacto no ecossistema, a poluição desenfreada é notada e está presente no dia a dia em fundos de vale, às margens de ruas e avenidas ou cursos d'água. Essas práticas constantes podem provocar, entre outras coisas, como contaminação de corpos d'água, assoreamento, enchentes, proliferação de bactérias, causando assim contaminação de pessoas. Criando assim a poluição visual das cidades ou favelas, mau cheiro e contaminação de todo um ambiente (BRITO, F. 2004).

Visando assim a coerência no que se trata de direitos básicos de todos os cidadãos, podemos propor vários fatores que se aplicados como diretrizes em cidades, todos esses problemas deveriam ser resolvidos através de aplicação de políticas públicas de meio ambiente de maneira sustentável, destinação de verbas corretas, estudos planejamento e aplicação de leis que gerenciem e fiscalizem o funcionamento dessas diretrizes, de maneira que isso possa atribuir, melhores condições e hábitos da população, gerando consequentemente melhorias no contexto de crescimento urbano encaminhando-se para o crescimento de maneira ordenada e precisa de uma sociedade (BRITO, F. 2004).

2.1.3 MANAUS

A falta de planejamento urbano afeta diretamente a vida do homem, pois muitas doenças são ocasionadas devido ao descarte incorreto de lixo, segundo o (IBGE) a população de Manaus cresceu em média 25% nos últimos 10 anos segundo dados estatísticos, mas é notório que todo esse crescimento foi de maneira desordenada (IBGE, 2000).

O progresso de urbanização da capital Manaus ganhou força a partir da década de 1960 incentivado pela industrialização por meio do alojamento da Zona Franca de Manaus - ZFM. Trazendo assim múltiplas dimensões para economia da cidade, articulação com as demais capitais brasileiras, juntamente com uma rede regional-global. Com a organização da ZFM tornou-se viável a criação de um polo industrial que titula estratégia e parecer politico quanto a ocupação na região, contribuindo assim para crescimento urbano (DOS SANTOS SOUSA; DELIMA, 2020).

Araújo (2009) menciona que no século XIX durante a produção de látex, matéria prima da borracha, trouxe grande número de migrantes para Amazônia, sucessivamente a Manaus, sendo foco de incentivos governamentais para expansão territorial. Migrantes na ilusão de riqueza não encontram apoio do

governo ocasionando pobreza e danos ambientais a região, Momentos após em que partiram para Manaus estimulados pela Zona Franca. De fato houve progresso e aumento por serviços, industrialização, urbanização e infraestrutura.

A aceleração das metrópoles se dá devido as vantagens da capital e ganho em ações do Estado, impulsionando pela nova utilização do território, isso tudo se deve pela intensão de quem produz e reestrutura o espaço, vindo de interesses políticos, econômicos e sociais (DOS SANTOS SOUSA; DELIMA, 2020).

2.2 INFRAESTRUTURA URBANA

2.2.1 PLANEJAMENTO

Planejar é uma ação humana tem por meios prevenir futuros agravantes ou desenvolver possíveis benefícios (CALVACANTE et al., 2020). A intensa urbanização das grandes cidades a partir do século XIX e XX ocasionou aumento da centralização da carência, crimes e mudanças sociais. Uma resultante de maior parte sobre a saúde da população de doenças infectocontagiosas e proliferação, é provocado pela ausência de planejamento juntamente com a infraestrutura não adequada, atestando o quanto é importante avaliar a saúde e a particularidade ambiental urbana (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020).

O Plano Diretor aplica importantes recursos norteadores no seguimento de políticas locais para espaço urbano. O mesmo destaca-se como item base para o planejamento que deveria então orientar nos subsistemas urbanos do uso do solo, transporte ou habitação, planos ambientais, leis territoriais e além de muitos outros fins operacionais. Um indicador prático do planejamento além de estar ligado ao conjunto de valores humano, o plano diretor apresenta a etapa ou pelo menos a abordagem de ideia histórica e ideológica delimitada, do planejamento urbano (CALVACANTE et al., 2020).

O crescimento da população conduziu entre si a economia e o desenvolvimento das metrópoles. Com evolução hipoteticamente o pensamento é de melhoria a saúde, saneamento básico, moradia, mas ao contrário vem sucedendo o agravo sobre. E cada dia novos espaços e contingente de pessoas a tendência é aumentar, revelando por tanto a necessidade de estudar possíveis soluções ou melhoria da qualidade de vida aos habitantes de cada município. (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020).

2.2.2 PAVIMENTAÇÃO

O pavimento é considerado, um conjunto de várias camadas de asfalto, de acordo com sua necessidade para cada tipo de vias, ruas e avenidas, podendo assim sofrer alterações com o passar do tempo, como deformação, tensão, podendo assim periodicamente voltar a sua forma de origem, ou até mesmo sofrendo alterações necessárias. De acordo com pesquisas feitas direcionamos esse artigo ao tipo de pavimento presente em determinada rua específica na cidade de Manaus (GETÚLIO VARGAS), com bases em princípios mecânicos e físicos do solo (SILVA, 2008).

A estabilidade mecânica tem a intenção de conceder ao solo ao ser aplicado uma camada do pavimento com um estado de densidade máxima associada a uma energia de compactação e uma umidade excelente. Além de ser conhecido por estabilidade compactada. Os meios dos seus procedimentos são sempre empregados na execução das camadas de pavimento tornar-se adicional para outros métodos de estabilidade (MARQUES, 2012).

Devido à redução de investimentos em vários municípios a execução de construções de infraestrutura urbana como a pavimentação de vias públicas se fez dificultoso, pois está e uma atribuição da administração e essa realidade gera um efeito péssimo à gestores públicos (ROCHA,2019).

2.2.3 DRENAGEM

O crescimento urbano tem sido caracterizado por tomadas irregular de periferia com pouca obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de áreas, além da ocupação irregular de vias públicas por população de baixa renda. Esta tendência dificulta o ordenamento das ações não estruturais do controle ambiental urbano. Um dos graves problemas neste processo de desenvolvimento urbano resulta da expansão, geralmente irregular, que ocorre sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades (SOUZA, 2016).

Segundo Sousa 2016, em cada estado o volume de água de chuva é estimando de acordo com estudos feitos com base em precipitação de cada região. Afirma também que quando não existe um escoamento adequado do volume dessas águas, acontecem fenômenos conhecidos popularmente como enchentes. Enchentes são nada mais que acúmulos de águas pluviais que não conseguem uma filtração adequado para determinados lugares e "leitos" (SOUSA, 2016).

A solução estabelecida para a drenagem urbana possui como princípio, o mais rápido possível uma direção para jusante, por meio de serviços executados que acelerem o escoamento e o afastamento rápido dos níveis elevados de cheias para os corpos d'água de jusante. Porém isso tem sido uma preocupação de pessoas envolvidas nas áreas, por ocasionar a inundação de córregos receptores, ou seja, da macrodrenagem. Com isso é necessário a elaboração de novas técnicas, como solução viável (TUCCI, 2012).

Nessas condições, ressaltando como soluções complementares de drenagem urbana, as medidas compensatórias que influenciem no hidrograma por meio de retenção do escoamento superficial direto, percolação e escoamento, e que são utilização de sistemas de escape para minimizar o nível de águas pluviais, além de propiciar o suporte de geração dos aquíferos subterrâneos (NASCIMENTO; HELLER, 2004).

2.3 CONCRETO PERMEÁVEL PARA PAVIMENTAÇÃO

2.3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

O concreto permeável é muito usado no desenvolvimento da globalização, assim como calçadas, avenidas, estacionamentos, áreas internas de estabelecimento e externas, como vias locais e pequenos acessos. As propriedades desse compósito dependem da quantidade de cimento, relação água/cimento, granulometria e quantidade de vazios. As medidas do agregados graúdo interfere assiduamente na sua resistência e permeabilidade, são os elementos cruciais para o funcionamento do concreto poroso (CHAVES e MOREIRA, 2015).

O concreto permeável é um material composto por material britado de graduação uniforme, ligante hidráulico, água e pouca ou sem nenhuma quantidade de agregado miúdo. Pode-se inserir o uso de uma mistura de diferentes tipos de aditivos que tenham a finalidade de gerar ao concreto melhor desempenho, durabilidade, trabalhabilidade e resistência (GARTLAND, 2008).

Holtz (2011) afirma que, o concreto permeável normalmente tem uma resistência à compressão na faixa de 3,5 a 28 MPa. Para Mariano (2014), esse valor pode chegar a 35 MPa. Uma outra particularidade deste segmento de concreto destaca-se na alta rugosidade superficial, isso acontece porque o fator de atrito sinta um aumento relevante sendo verificado ao concreto comum. O motivo desse método viabilizar um alto grau de atrito entre o veículo e pavimento, para o aumento da estabilidade dirigível, principalmente quando há situações adversas (BATEZINI, 2013; MARTINS, 2015; SCHWETZ et al., 2015).

O alto nível da permeabilidade é uma das fundamentais razões pelas quais esse concreto vem sendo analisado e elaborado. Conforme Holtz (2011), quando o concreto poroso/ permeável é aproveitado em pavimentação superficial, a água da chuva pode escorrer diretamente no solo, limitando a vazão que se direciona para o sistema de drenagem urbana. Além do mais, a sua adesão também ajuda para a manutenção dos aquíferos subterrâneos e à diminuição da rapidez e da soma do escoamento superficial dessas águas. Uma outra questão é porque estes materiais podem ser considerados moderados, desta forma as temperaturas nas quais se aumentam em sua superfície não inferiores que as analisadas nos pavimentos de concreto habitual e pavimentos asfálticos (GARTLAND, 2008).

Conforme as condições de projeto, o pavimento de concreto poroso e a sua sub-base manifesta propriedades de conservação de água para utilização como equipamento de drenagem urbana. Se verifica também o impacto positivo do bem-estar ambiental, tendo como base que, quando consumido como pavimento permeável, o concreto poroso mostra temperatura inferior se comparado a temperatura do capeamento betuminoso em condições parecidas ao de exposição direta a radiação solar (SCHWETZ et al., 2015).

3 METODOLOGIA

O artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica e explicativa, a qual visa analisar a viabilidade técnica do concreto permeável, demostrando a aplicabilidade nas vias de Manaus. Portanto, quanto a abordagem o estudo é caracterizado como quali-quantitativa de natureza aplicada. Para isso a pesquisa foi realizada em

três etapas: Levantamento de dados, Avaliação da via para aplicação do pavimento permeável e Análise da viabilidade técnica.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para a especificação adequada do pavimento para a via foram levantadas as propriedades físicas e mecânicas por meio de dados secundários de pesquisas científicas. Para a elaboração da pesquisa foi realizada uma busca em base de dados científicos. As buscas foram realizadas utilizando os termos concreto permeável (em português) e "*pervious concrete*" (em inglês).

O critério das seleções foram os artigos que apresentassem resultados experimentais das seguintes propriedades: resistência a compressão, resistência a tração na flexão e permeabilidade. Foi estabelecido ainda que os concretos permeáveis estudados nos artigos apresentassem elementos tradicionais de composição do concreto. Portanto foram excluídos os concretos cujas misturas apresentavam materiais não convencionais.

Após a seleção dos dados conforme os critérios estabelecidos, os dados de cada propriedade foram avaliados por medidas de dispersão. As medidas de dispersão adotadas são amplitude, variância e desvio padrão. Foram ainda medidas de tendência central para caracterizar a heterogeneidade da amostra. As medidas de tendência central usadas foram: média, mediana e moda.

3.2 ESCOLHA DA VIA PARA APLICAÇÃO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

Para avaliar a viabilidade técnica do uso de pavimento permeável foi escolhida uma via de Manaus cujo ela é uma das principais vias da zona centro sul de Manaus chamada Getúlio Vargas como principal via de estudo. A escolha da via foi baseada na sua característica dentro do complexo viário da cidade. Dados georreferênciais foram obtidos na plataforma Google Earth. A partir desses dados foram obtidos parâmetros de projeto para o dimensionamento e quantificação para a análise de viabilidade técnica.

3.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA

Para análise da viabilidade técnica foi delimitada a aplicação do concreto permeável apenas para calçadas. As dimensões do concreto permeável para calçamento foram placas de 1x1 com espessuras de 10 cm moldadas no local. No **dimensionamento hidrológico e hidráulico** foi adotado conforme NBR 16.416 (ABNT, 2015).

$$Hmáx = (\Delta Qc.R + P - f\,Te)/\,Vr \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

Hmáx é a profundidade da camada de base/reservatório granular (m);

ΔQc é a precipitação excedente da área de contribuição para uma dada chuva de projeto (m);

R é a relação entre a área de contribuição e a área de pavimento permeável (Ac/Ap);

Ac é a área de contribuição (m^2);

Ap é a área de pavimento permeável (m^2);

P é a precipitação de projeto (m);

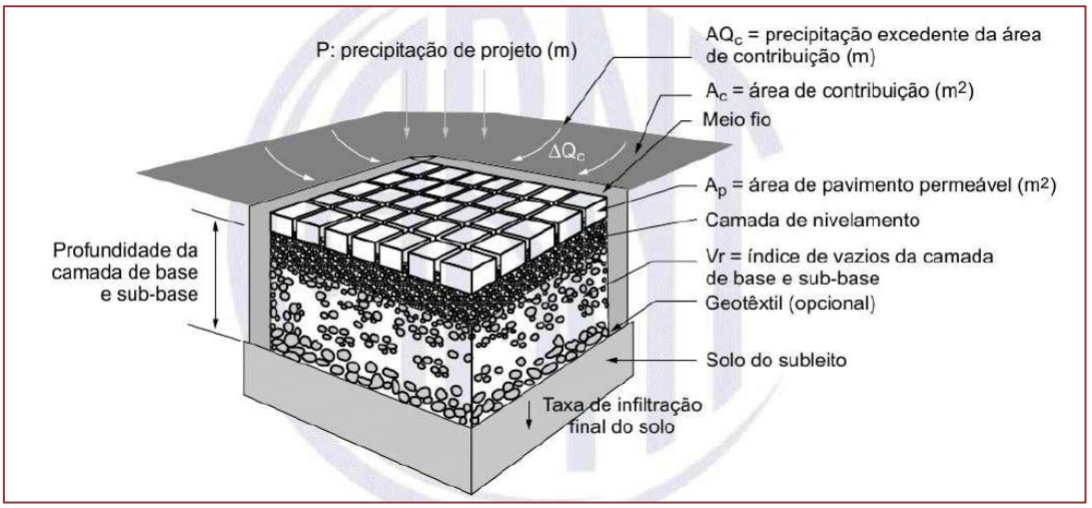
f é a taxa de infiltração no solo (m/h);

Te é o tempo efetivo de enchimento da camada reservatório;

Vr é a porosidade do material de base/reservatório.

A Figura 01 apresenta as camadas permeáveis abaixo das placas de concreto permeável. Essas camadas são compostas por agregados de natureza rochosa cuja função é além de base também de reservatório.

Figura 01: Parâmetros de dimensionamento hidrológico-hidráulico



Fonte: NBR 16.416 (ABNT,2015).

A **precipitação de projeto** (P) foi determinada baseado no estudo feito por Mota e Barbosa (2020), a maior intensidade média de precipitação e de 68,47mm.

A **precipitação excedente** (ΔQc) foi determinada pelo o método do SCS - *Soil Conservation Service* (1972). Adotando o tipo de solo C da Tabela 01, o CN adotado foi de 90 para áreas urbanas.

Tabela 01 - Capacidade de infiltração para cada um dos grupos hidrológicos dos solos.

Grupo hidrológico do solo	Descrição do solo	Capacidade de infiltração (cm/h)
A	Areias e cascalhos profundos (h>1,50 m), muito permeáveis. Possuem alta taxa de infiltração mesmo quando saturados. Teor de argila até 10%	1,20 - 0,80
B	Solos arenosos com poucos finos, menos profundos (h<1,50m) e permeáveis. Teor de argila até 10% - 20%	0,80 - 0,40
C	Solos pouco profundos com camadas subsuperficiais que impedem fluxo descendente da água, ou solos com porcentagem elevada de argila (20% - 30%)	0,40 - 0,15
D	Solos compostos principalmente de argilas (acima de 30%) ou solos com nível freático elevado, ou solos com camadas argilosas próximas à superfície, o solos rasos sobre camadas impermeáveis	0,15 - 0,00

Fonte: Canholi (2005).

As equações 2,3,4 foram usadas para o cálculo da precipitação excedente.

$$S_D = \frac{25.400 - 254\,CN}{CN} \quad Equação\ 2$$

$$I_a = 0{,}2.S_D \quad Equação\ 3$$

$$P_{E\,(\Delta Q_c)} = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S_D} \quad Equação\ 4$$

Área de contribuição (A_c) foi considerado abrangendo os limites entre as Ruas Ramos Ferreira, Avenida Sete de Setembro, Avenida Joaquim Nabuco e Rua Barroso. A Figura 02 apresenta o limite da área de contribuição adotado que corresponde a 25.023,20 m².

Figura 02: Área de contribuição

Fonte: Google Earth

Neste estudo, a **Área permeável** (A_p) será somente o trecho da Avenida Getúlio Vargas entre as vias Ramos Ferreira e avenida Sete de Setembro. As áreas que receberão o pavimento permeável são calçadas e canteiro central. A figura 02 apresenta a extensão do trecho da Avenida Getúlio Vargas que receberá o pavimento permeável que corresponde a 716,15 m.

Figura 03: Área permeável

Fonte: Google Earth

Considerando que a largura do calçamento no trecho varia de 1 a 3,5 m, adotou-se a largura média de 2,25 m. O canteiro central tem largura de 4,24 m, invariável, ao longo do trecho. Tendo duas faixas de calcamento a área permeável devido ao calçamento é de 3.159,50 m². A área permeável do canteiro central corresponde a 2.976,95 m². Área total corresponde a 6.136,45 m² de área permeável (Ap).

A determinação da **Taxa de infiltração no solo (f)** do solo foi de acordo com o estabelecido na NBR 16416(ABNT 2015). No quadro 01 encontra-se especificadas a permeabilidade característica de cada tipo

de solo. Conforme estudos geotécnicos na área realizados pela empresa Hidroterra, o solo é do tipo areno-argiloso, e portanto, o grau de permeabilidade deve ser entre médio e a muito baixo. Considerou-se a condição intermediária que seria a de baixo grau de permeabilidade do solo.

Quadro 01: Permeabilidade de solos

Coefiente de permeabilidade do solo K		Grau de permeabilidade do solo
m/s	mm/h	
$> 10^{-3}$	> 3600	alto
10^{-3} a 10^{-5}	3600 a > 36	medio
10^{-5} a 10^{-7}	36 a > 0,36	baixo
10^{-7} a 10^{-9}	0,36 a > 0,0036	muito baixo
$< 10^{-9}$	<0,0036	praticamente impermeavel

Fonte: NBR 16.416 (ABNT,2015).

Sendo assim o grau de permeabilidade do solo adotado foi de 0,36 mm/h, para a situação mais crítica.

O **Tempo efetivo de enchimento da camada reservatório (Te), c**onforme PINTO (2011), é cerca de 2 horas. Esse valor resulta do tipo de revestimento usado na estrutura e dos materiais camada base. Supondo ainda que quanto mais rápido o enchimento da estrutura, mais rápido será sua saída.

Para a determinação da espessura da camada reservatório é necessário determinar o **Índices de vazios** do seixo na faixa granulométrica 9,5 a 4,8. O índice de vazios para este material é de 0,38. Também foi feito um estudo adotando brita graduada simples, com índice de vazios estimado em 29%.

O **Tipo de infiltração** foi definido de acordo com a NBR 16416 (ABNT 2015). Os parâmetros para definição do tipo de infiltração são: permeabilidade e nível do lençol freático. No quadro 02 constam os tipos de infiltração conforme a NBR 16416.

Quadro 02: Definição do tipo de infiltração

Condições locais		Infiltração Total	Infiltração Parcial	Sem Infiltração
Permeabilidade do subleito definida pelo coeficiente de permeabilidade k (m/s)	$> 10^{-3}$	✓	✓	✓
	10^{-3} a 10^{-5}	x	✓	✓
	10^{-5} a 10^{-7}	x	x	✓
Maximo registro do lencol freatico a pelo menos 1,0 m da camada inferior da base		x	x	✓
Presenca de contaminantes no subileito		x	x	✓

Fonte: NBR 16.416 (ABNT,2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

A busca na base de dados Scielo foi realizada no dia 28 de novembro de 2020, e foram encontrados 9 artigos com o termo em português “concreto permeável”. Os dados de resistência à compressão, resistência a tração na flexão e permeabilidade foram coletados desses artigos. Os critérios de escolha dos resultados foram:

- que as misturas correspondessem a concretos apenas;
- que os agregados utilizados fossem de origem rochosa dos tipos (granito, gnaisse, basalto ou “cascalho”, o qual corresponde ao seixo, como conhecido na nossa região);

Para a análise da variabilidade foram calculadas as medidas dispersivas e de tendência central dos dados encontrados nos nove artigos. A Figura 4 apresenta os valores obtidos para as medidas dos dados dos artigos.

Figura 4 – Medidas dispersivas e de tendência central dos dados coletados.

Medidas	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Permeabilidade k (mm/s)
Desvio padrão	7,19	1,16	6,43
Amplitude	30,56	5,35	18,50
Variância	51,71	1,35	41,30
Média	12,54	2,49	8,01
Mediana	11,87	2,31	9,01
Moda	não tem	1,70	15,00

Fonte: Autores

Analisando as medidas da resistência a compressão observou-se que o desvio padrão foi elevado. A amplitude também indica uma variabilidade elevada, o que se confirma com o valor da variância. Neste caso a moda indica que não há um número frequente de ocorrência nos dados. Isso pode ser explicado pela variada relação a/c e tamanho de agregado utilizado nas amostras.

Para os dados de resistência a tração na flexão, observou-se a mesma tendência de variabilidade da resistência a compressão com relação ao desvio padrão, mesmo a variância sendo menor. Porém devido ao desvio padrão ser na mesma unidade que a média facilitando a análise. No caso da amplitude, mesmo sendo menor que a da resistência a compressão, não indica que a variabilidade é menor, mas que a tendência dos dados serem mais próximos é maior. A moda confirma essa observação quanto a amplitude, sendo o valor de 1,70 o de maior frequência de ocorrência e mais próximo da média considerando o desvio padrão.

Quanto aos dados de permeabilidade, a variabilidade foi a maior entre os dados. Isso indica que a composição influencia muito essa propriedade. A moda indica que o valor de maior frequência de ocorrência é maior do que a média, o que também demonstra a variabilidade dos, uma vez que esse valor pode ter repetição menor.

Diante dessas analise, a viabilidade técnica deverá ser avaliada considerando a mediana e não a média dos valores. Portanto, a resistência à compressão de um concreto permeável independentemente do tipo de agregado, relação a/c na faixa de 0,3 a 0,55 e diâmetro máximo de 12,5 a 9,5 mm, pode ser um valor acima ou abaixo de 11,87 MPa. Quanto a resistência à tração na flexão espera-se que o valor seja de 2,31 MPa acima ou abaixo. Para a permeabilidade o valor esperado é de 9,01 mm/s acima ou abaixo.

A viabilidade técnica foi avaliada conforme os requisitos da NBR 16416 (ABNT, 2015). Esta norma estabelece os requisitos de menor percentual necessário ao projeto, classificação, aplicação ao ser executado e cuidado de manutenção de pavimentos permeáveis originados do concreto. Edificada com elemento de revestimentos de concreto intertravados, molde de placas de concreto ou sendo no local do trabalho formado o pavimento de concreto.

A NBR 16 416 (ABNT, 2015) estabelece quanto aos requisitos mínimos das propriedades mecânicas conforme o quadro 3.

Quadro 3 – Resistência mecânica e espessura mínima do revestimento permeável

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica (Mpa)	Método de ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 35,0 [a]	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve	80,0		
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 20,0 [a]	
	Tráfego leve	80,0		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 2,0 [b]	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80,0		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60,0	≥ 1,0 [c]	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	60,0	≥ 2,0 [c]	

Fonte: NBR 16.416 (ABNT,2015).

Considerando a mediana da resistência à compressão de 11,87MPa, conforme a NBR 16.416 (ABNT, 2015) revestimento do pavimento permeável pode ser do tipo placa ou moldado no local. Esse pavimento é indicado para tráfego de pedestres e tráfego leve desde que a espessura mínima seja de 6 e 8 cm respectivamente. Ressaltando que foi adotado neste trabalho a espessura de 10 cm, considerando para calçamento com um tráfego intenso de pedestres. No caso de concreto moldado no local, a norma exige que a resistência à tração na flexão seja para tráfego de pedestres e leve superior a 1 e 2 MPa respectivamente. A resistência a tração na flexão mediana adotada é de 2,31 MPa, portanto os concretos avaliados neste estudo atendem a esse requisito da norma.

Quanto a permeabilidade a norma NBR 16.416 (ABNT, 2015) exige que o coeficiente de permeabilidade k deve ser superior a 1 mm/s. A mediana dos dados analisados dos artigos encontrados é de 9,01 mm/s, o que torna as misturas de concreto adotadas nos estudos adequadas ao uso em pavimento de tráfego de pedestres e leve.

4.2 VIA PARA APLICAÇÃO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

A avenida Getúlio Vargas foi a via escolhida como ponto de partida para essa pesquisa por se tratar de uma via histórica e de extrema importância para os manauaras, sua origem deu-se nos anos de 1930 onde haviam os primeiros registros de seus trechos ainda tão pouco urbanizados, desde então vem sendo melhorada ao decorrer dos anos, com implantação de infraestrutura, arborização entre outros, por atender também a acessibilidade de pedestres e em alguns trechos atende como circulação e áreas de estacionamento para veículos leves , porém verificamos também a possibilidade de um estudo ainda mais aprofundado de toda sua extensão com suas propriedades físicas e mecânicas.

Identificamos que a avenida Getúlio Vargas tem grande necessidade de áreas permeáveis, mostrou-se também que por ser uma via de tráfego intenso, são necessários reparos de diferentes escalas por ter áreas de solos distintos, dando assim uma ênfase a novos estudos, planejamento e aplicação de melhorias em suas áreas abrangentes, pois sua funcionalidade é de extrema importância para a acessibilidade de pessoas na cidade de Manaus.

4.3 DIMENSIONAMENTO DA CAMADA RESERVATÓRIO

A profundidade da camada de base/reservatório granular obtida pela Equação 1 e os parâmetros adotados no cálculo contam na Tabela 02. Devido a baixa capacidade do solo, por ter ser uma área de aterro e pela existência de uma galeria na área central da avenida Getúlio Vargas, implantada na época dos ingleses,

foram realizadas duas condições de análise. As analises foram realizadas considerando a infiltração total e sem infiltração.

Tabela 02 – Dimensionamento hidrológico-hidráulico do pavimento.

Infiltração total.							
Duração (min)	ΔQc	R (Ac/Ap)	P (m)	f (m/h)	Te (h)	Vr	Hmáx (m)
60	0,0434	4,1	0,06847	0,00036	2	0,38	0,65
Sem infiltração.							
Duração (min)	ΔQc	R (Ac/Ap)	P (m)	f (m/h)	Te (h)	Vr	Hmáx (m)
60	0,0434	4,1	0,06847	0	2	0,38	0,65

Fonte: Autores

A altura da camada reservatório em pavimento permeável tanto para infiltração total como sem infiltração é de 65 cm. Considerando a extensão do trecho o volume de seixo seria de 3.988,69 m³. Ressalta-se ainda que o seixo atende aos requisitos da NBR 16.416 (ABNT, 2015) quanto as propriedades físicas, como o índice de vazios o que deve ser superior a 0,32.

CONCLUSÃO

Ao analisar a viabilidade técnica do concreto permeável foi possível demostrar a aplicabilidade nas vias de Manaus por meio de análise das propriedades físicas e mecânicas. As propriedades físicas e mecânicas avaliadas a partir de dados secundários quanto a sua variabilidade apresentaram-se em conformidade com a NBR 16416 (ABT, 2015). Isso significa que as dosagens de concreto permeável apresentam propriedades físicas e mecânicas adequadas ao uso de calçadas para o tráfego leve.

O dimensionamento da camada reservatório de 65 cm também demonstra a viabilidade técnica do pavimento permeável no trecho equivalente a pouco mais de 700 m de extensão de uma das avenidas mais movimentadas da cidade de Manaus. Na Avenida Getúlio Vargas pela existência de uma galeria de drenagem, recomenda-se a mesma espessura de camada filtrante com drenos para esta galeria, caso o solo no trecho não apresente parâmetros de percolação adequados ao volume de água. Porém, ainda que sejam feitas melhorias previstas pela gestão pública na região, há uma necessidade de melhorias no sistema de drenagem por se tratar de uma avenida muito antiga. Os problemas na drenagem vêm se agravando cada vez mais com o crescimento desordenado.

Para estudos complementares é sugerido que se façam estudos similares nas proximidades da avenida integrando o sistema, uma vez que o trecho se situa em uma conta mais baixa recebendo contribuição de escoamento superficial de várias vias interligadas a ela. Outra sugestão é que esse estudo se estenda ao longo de todo a avenida e que seja avaliado o conforto térmico ambiental que o pavimento permeável, não somente nas calçadas, mas na via, pode proporcionar. Ressaltando que está avenida é uma das mais arborizadas da cidade e que um estudo dessa natureza contribuiria para a viabilidade do pavimento permeável na cidade de Manaus.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT. NBR 16416:2015 – Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. 2015.

[2] ALMEIDA, Lorena Sampaio; COTA, Ana Lídia Soares; RODRIGUES, Diego Freitas. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, p. 3857-3868, 2020.

[3] ARAÚJO, Emanuelle Silva. Desenvolvimento urbano local: o caso da Zona Franca de Manaus. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 1, n. 1, p. 33-42, 2009.

[4] Batezini, R. (2013) "Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves", Universidade de São Paulo, São Paulo.

[5] BRITO, F.; GARCIA, R.A.; SOUZA, R.G.V. As tendências recentes das migrações interestaduais e o padrão migratório. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS DE POPULAÇÃO, 14., 2004, Caxambu. *Anais...* Campinas: Abep, 2004. (CD-ROM).

[6] CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

[7] CAVALCANTE, Camila Bandeira et al. Análise dos planos diretores de Fortaleza sob o paradigma do planejamento da acessibilidade e mobilidade da Urbe Sustentável. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 12, 2020.

[8] COSTA, Antonio Mauricio Dias. Uma metrópole na Floresta: representações do urbano na Amazônia. In: Frugoli Jr; Andrade; Peixoto (org.). As cidades e seus agentes práticas e representações. Belo Horizonte: Editora PUCMinas/EDUSP, 2006.

[9] COSTA, Frederico Lustosa da; CASTANHAR, José Cezar. Avaliação de programas públicos: desafios conceituais e metodológicos. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 37, n. 5, p. 962-969, set. /out. 2003.

[10] Chaves, P. S e Moreira, V. A. (2015) "Estudo Experimental de Dosagem de Concreto Poroso para pavimentos permeáveis na região metropolitana de Belém", Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Belém-PA.

[11] DE FRANCO, A. *A revolução do local* – globalização, glocalização, localização. Brasília: AED/São Paulo: Ed. Cultura, 2003/2004.

[12] DOS SANTOS SOUSA, Isaque; DE LIMA, Susane Patrícia Melo. Materializações no espaço urbano-regional da Região Metropolitana de Manaus/Materializations in the urban-regional space of the Manaus Metropolitan Region. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 1, p. 1178-1187, 2020.

[13] Gartland, L. (2008) "Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas", 1ª ed. Oficina de textos, São Paulo.

[14] Holtz, F. C. (2011) "Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharias.

[15] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000. Resultado dos Dados Preliminares do Censo – 2000, REGIÃO NORTE E NORDESTE.

[16] LEITE, Carlos. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.

[17] MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. Pavimentação. Juíz de Fora:[sn], 2012.

[18] Martins, R. M. (2015) "Análise da Capacidade de Infiltração do Pavimento Intertravado de Concreto". Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

[19] MONBEIG, Pierre. Textos Clássicos: O estudo geográfico das cidades. In: GEU - Grupo de Estudos Urbanos (org.). Cidades: Revista científica. Vol. 1, n. 2. Presidente Prudente: Grupo de Estudos Urbanos, 2004.

[20] Mota, M. R. 1, & Barbosa, R. P. 2. (n.d.). 5.Previsão das máximas intensidades de precipitação na região de Manaus. Revista Da Faculdade de Tecnologia - FT Da Universidade Federal Do Amazonas - UFAM. http://www.hidroamazon.ufam.edu.br/pesquisa5.pdf. Acesso em: 28/11/2020.

[21] OLIVEIRA, K.F. Dinâmica migratória em Sergipe: uma abordagem a partir de alguns fatores estruturais. Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Ciências Estatísticas/IBGE, Rio de Janeiro, 2003.

[22] PINTO, L. L. C. A. O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano. p. 283, 2011.

[23] ROCHA, Arlindo Carvalho et al. Transparência como elemento da coprodução na pavimentação de vias públicas. Cadernos Gestão Pública e Cidadania, v. 24, n. 78, 2019.

[24] RIBEIRO, J.T.L. Estimativa da migração de retorno e de alguns de seus efeitos demográficos indiretos no Nordeste Brasileiro, 1970/1980 e 1981/1991. Tese (Doutorado em Demografia) - Cedeplar/UFMG, Belo Horizonte, 1997.

[25] Schwetz, P. F., Lorenzi, A., Silva, L. C. P., Ferreira, L. Z. (2015) "Concreto permeável: otimização do traço para pavimentação de fluxo leve", https://www.researchgate.net/publication/279513221.

[26] SCS - Soil Conservation Service. Hydrology. In: National engineering handbook. Washington: USDA, 1972. p.101-1023.

[27] SOUSA, Fernando José de. Tópicos de Saneamento Básico – Águas Pluviais e Resíduos Sólidos. Clube dos autores. Postagens públicas no worldpress entre 03/10/2016 e 24/03/2017.

[28] Silva, P. F. (2008) "Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos", Editora PINI, 2ª ed., v1, São Paulo.

[29] TUCCI, C.E.M., 1995 Enchentes urbanas in: Drenagem Urbana, cap. 1 Editora da Universidade, ABRH.

[30] TUCCI C.E. M.; 2012 . Gestão de drenagem urbana, cap. 1 Editora da Universidade, ABRH.

Capítulo 3

Logística dos materiais para produção de concreto na cidade de Manaus

Tatianne da Silva Araújo Dejard
Arisa Viana da Silva
Luciane Farias Ribas
Sara dos Santos Santarém

Resumo: O transporte é uma etapa essencial dentro do processo logístico, é por meio dele que prazos estipulados por fornecedores de serviços se cumprem. Na cidade de Manaus a logística de transporte de materiais se torna crucial para a região, uma vez que ausência de modais e poucos estudos sobre o assunto ainda são escassos. Este artigo tem como objetivo analisar a logística de transporte de materiais para a produção de concreto na cidade de Manaus. Para tal, foi realizado um mapeamento do processo de logística baseado no levantamento de dados obtidos através de entrevistas, avaliando o processo quanto ao tempo e custo. Assim, foi possível identificar a etapa crítica do processo a qual corresponde ao fornecimento do seixo. Essa constatação reforça que a obtenção do seixo via balsa e o processo de extração eleva o custo deste material.

Palavras-chave: Logística na construção civil; Produção de concreto; Transporte; Região Norte.

1 INTRODUÇÃO

Quando se trata da região Norte do Brasil, a logística de transporte requer melhorias de avanços tecnológicos e investimentos para sanar obstáculos que enfrentam com relação a distância dos materiais para fábrica e o seu destino final. O processo de logística possui etapas que visam ao lucro da empresa, a escolha de fornecedores confiáveis para executar os serviços, uma boa gestão do estoque, um transporte eficiente, e pôr fim a interação de cada um desses setores que irá resultar no cumprimento de prazos.

A produção de concreto na cidade de Manaus tem o desafio de superar as barreiras impostas por sua localização geográfica para obter materiais componentes como cimento, agregado, miúdo e graúdo.

Sabe-se da potencialidade de produção e consumo desses materiais na região norte, porém, as barreiras enfrentadas ainda são grandes por conta da ausência de estudos relacionados a logística pois esses poderiam otimizar os serviços, tornando-os mais eficientes.

O objetivo desse artigo é analisar o processo de logística dos materiais para a produção de concreto na cidade de Manaus, por meio de pesquisa de campo, demonstrando os desafios da produção de concreto na região. Por meio disso obtemos custos e tempo que leva desde de sua extração até a entrega.

Para a análise do processo de logística foi realizado um levantamento de dados sobre as etapas do processo para a produção do concreto na cidade de Manaus, por meio de pesquisa de campo e entrevistas com as empresas que fornecem os insumos para as construtoras avaliamos o tempo de espera para a entrega. Desse modo, foi possível obter um mapeamento do processo de logística, com o qual foi possível avaliar o processo nas dimensões de tempo e custo, identificando a etapa mais crítica do processo. Em seguida foram identificados os obstáculos e dificuldades da etapa mais crítica do processo de logística dos materiais para a produção do concreto na cidade de Manaus.

A pesquisa ainda apresenta um panorama da logística na construção civil no mundo, no Brasil e na região norte. Para contextualizar, uma descrição da produção do concreto e seus materiais é apresentada seguida da descrição do processo de logística desses materiais no mundo, no Brasil e na região norte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O PROCESSO DE LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A logística é um processo de gerenciamento, sua função na construção civil pode ser implantada em diversos setores como layout de um canteiro ou pode ser aplicada na logística de materiais de uma empresa para compras de insumos, distribuição e armazenagem, atualmente a indústria da construção civil passou a investir mais na logística, conseguindo um retorno considerável.

A logística é uma das áreas que aplicada à indústria da construção civil possibilita um melhor planejamento das atividades/produção; como aquisição de matéria prima; fornecimento e manutenção de equipamentos; assim como movimentação da mão de obra, atividades necessárias para o andamento das obras (VIERA, 2010).

As empresas estão cada vez mais preocupadas com a ampla concorrência, a tendência é buscar novas vias de produção de materiais através da aplicação correta da logística tendo como objetivo atender as exigências dos clientes. Segundo Verma e Seth (2011) a competitividade na logística com relação ao suprimento, destaca a necessidade de estudos com relação ao tema, evidenciando os desafios que as empresas enfrentam, com isso buscando por parcerias que possam ajudar com relação a flexibilidade.

O processo de logística ao ser bem executado acarreta as empresas da construção civil um resultado ágil seguro e lucrativo. Quando se trata de construção na maioria das vezes a logística está ligada ou a estratégia (PALANDENG, 2018), ou no impacto do desempenho (ARORA; ARORA SIVAKUMAR, 2016), ou a estrutura organizacional (LIN *et al.,* 2005).

Para se obter um bom desempenho no processo logístico é preciso existir uma interação constante de fabricante fornecedor e consumidor final, eles estão interligados é realizando esse acompanhamento é possível atender as expectativas do consumidor.

A inovação no setor da logística é um desafio que a construção civil enfrenta, a dificuldade na hora de implantar a logística, exigindo profissionais qualificados para excussão desta gestão.

2.1.1 O PROCESSO DE LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNDO

As operações de logística na construção civil ainda possui um baixo investimento, apesar disso os pequenos progressos já geram diferença, resultando em economia para as empresas que os adotam.

Os moldes de estratégia empresarial foram descritos por vários pesquisadores, os antigos com maior destaque são Skinner (1985), Pfeffer e Salancik (1978) e Barney (1991). Porém o modelo mais utilizado é o Modelo da Estratégia Competitiva de Michael Porter (PORTER, 1993). Que foi readaptado nas organizações empresariais (ANTONIALLI et al., 2017).

O gerenciamento integrado de todos os processos permitiria a identificação mais rápida de problemas relacionados ao transporte de suprimentos no canteiro de obras, buscando levar sempre em consideração o local no qual o sistema será aplicado.

Uma equipe qualificada para exercer cada parte das etapas da logística de uma empresa é essencial, na construção civil muitas vezes é apenas uma pessoa responsável por todas as etapas e em sua grande maioria não é qualificada para a função.

Um dos fatores que afeta diretamente o processo logístico na construção civil é a falta de ferramentas e equipamentos adequados um exemplo que podemos citar é o processo de estocagem, com relação a sua armazenagem que necessita de cuidados evitando desperdícios. *Lean Manufacturing* (SANTOS, 2010) – trata justamente sobre isso, a questão do desperdício, a produção tem que ser feita conforme a demanda.

A construção civil no mundo está em fase de desenvolvimento em muitos aspectos, mas quando se trata de logística precisa de inovação e principalmente investir em profissionais qualificados para execução cada serviço.

2.1.2 O PROCESSO DE LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

No Brasil a maior barreira que a logística enfrenta está associada à sua aplicação no ramo da construção civil. Em muitas empresas não existe a preocupação em se contratar um profissional para executar essa gestão, muitas vezes o próprio engenheiro civil é responsável em desenvolver está função.

A falta de compreensão acerca das atribuições da logística, faz com que seu papel seja executado de forma incorreta, afetando o planejamento da produção que envolve desde a matéria prima até sua produção.

Papadopoulos *et al.* (2016) citam a deficiência que existe com relação a falta de estudos aprofundados para melhorar a cadeia de suprimentos na Indústria da construção, e também mencionam a falta de interesse das grandes empresas em melhorar e implantar a logística com a intenção de apresentar produtos de qualidade a preços competitivos.

Sem compreensão dos processos logísticos não é possível definir com clareza seus reais benefícios e o que poderiam proporcionar, como por exemplo a redução de custos, evitar possíveis atrasos entre outros.

O planejamento é uma etapa que a construção civil tem investido de ano em ano, mas quando se trata do planejamento das atividades logísticas, ainda deixa a desejar. A logística do transporte de materiais ainda possui muitos atrasos e são vários os fatores que interferem nesse processo. Segundo Ballou (2011), a logística é um plano administrativo e facilitador do fluxo de produtos, que gera aumento na rentabilidade dos serviços mediante ao controle das atividades, da organização e do planejamento.

A busca por profissionais capacitados e que entendam o dia a dia de uma obra é o grande desafio para o setor da construção civil, é preciso que a preocupação para resolver essa deficiência seja colocado como meta principal para qualquer empresa, buscando assim tornar a prestação de serviços cada vez mais eficiente. Seppan e Peltokorpi (2016) apontam em suas pesquisas sobre a logística, que os estudos relacionados ao tema focam em solucionar problemas parcialmente, destacam também em seus estudos que os impactos da logística precisam ser abordados com relação ao seu processo de produção, propondo uma ajuda na tomada de decisões, levando em conta todas opções a serem tomadas e seus possíveis impactos.

2.1.3 O PROCESSO DE LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO NORTE DO BRASIL

A região norte é rica em minérios, apesar disso esbarra nas dificuldades logísticas presentes na região. Isso se dá pelo fato de o agregado ser encontrado em áreas remotas onde é necessário dias para que ocorra a extração e transporte para a distribuidora. As questões ambientais e geológicas influenciam no

consumo de determinados materiais, embora Manaus seja um dos maiores consumidores de insumos para a construção civil (MAAS e SOUZA, 2009).

No ano de 2011, segundo a Agencia Nacional de Mineração foram produzidos no estado do Amazonas cerca de 2.397.122m^3/ano de agregados, ainda sim é comum enfrentar dificuldades relacionados a logísticas de transporte desses materiais até o consumidor.

Apesar desse consumo significativo a problemática relacionados a distância entre o local onde se extrai o material até a entrega para o consumidor ainda influencia bastante no preço desse produto, uma vez que é necessário levar grandes maquinários que auxiliam na extração em locais muito distantes o que acarreta num custo alto.

A logística dessas etapas precisa ser levada com muita seriedade pois ela influencia significativamente na qualidade do serviço que as empresas prestam, o setor da construção civil na região norte assim como em boa parte do Brasil é o pilar da economia e seu desempenho positivo é essencial para mantê-la em equilíbrio. Por conta dessa distância o meio de transporte mais utilizado na região para o transporte dos materiais são as balsas, elas percorrem grandes trajetos até Manaus trazendo os insumos para venda. (RIKER, et. al, 2016).

A logística de insumos na construção civil na região norte enfrenta dificuldades quando se trata de distância, uma vez que muitos pontos de extração dos materiais chegam a ficar quase 1200km de Manaus. É preciso tratar essa questão com seriedade buscando profissionais capacitados para buscar soluções para essa problemática, pois são questões essenciais para o desenvolvimento do setor na região.

2.2 MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DO CONCRETO

O concreto é o resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia (HELENE 1986), o processo de produção de concreto gera um impacto ambiental significativo.

O cimento Portland é o principal material utilizado para produção de concreto e possui uma produção anual de quase 2 bilhões de toneladas, sua produção corresponde a 7% da emissão de CO_2 na atmosfera. (MALHOTRA, 1999; MEHTA, 2002; MEHTA; MONTEIRO, 2006)

Atualmente estudos estão sendo realizados para possível substituição do cimento na produção do concreto, reduzindo com isso os impactos ambientais. Uma solução tem sido usar a substituição do clínquer com várias pozolanas artificiais.

De acordo com a descrição de Martin (2005), o concreto é indispensável para o crescimento populacional. Para realização de sua produção a escola correta dos insumos, para realização da dosagem, é fundamental para obter as necessidades exigidas.

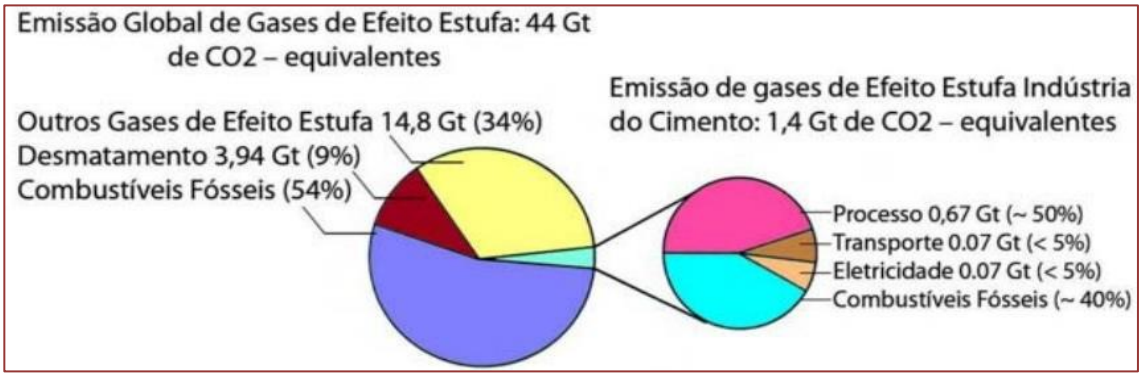
A indústria da construção civil vem produzindo melhorias para produção com concreto, acrescentando aditivos para alterar as suas propriedades físicas, com isso podem retardar ou até mesmo acelerar a sua pega. Os vários métodos de sua produção são feitos para suprir as necessidades que a construção exige com o passar dos anos.

2.2.1 PRODUÇÃO DO CIMENTO

Não tem como falar de construção civil e não mencionar o cimento Portland, mas talvez o que muitos não saibam é que a extração de suas matérias primas agride o meio ambiente de forma considerável, para realizar sua produção são liberadas altas taxas de CO_2 gerando impactos em escala mundial (IPCC, *apud* MCT, 2006).

A figura1 mostra que a queima de combustíveis fósseis contabiliza cerca de 54%, o desmatamento por queimadas 9% e outras emissões de gases efeito estufa 14,8%. Nas emissões especificas da indústria do cimento, aproximadamente 50% referem-se ao processo produtivo, cerca de 5% ao transporte, 5% ao uso da eletricidade e os outros 40% ao processo de clinquerização (WBCSD, 2002).

Figura 1: Emissão de gases de efeito estufa da indústria de cimento, 2000



Fonte: Do artigo Sustentabilidade em Debate - Brasília, v.3, n.1, p.75-96, jan/jun 2012. Adaptado de WBCSD.

Os trabalhadores que efetuam a extração e todo o processo de produção do cimento também estão sujeitos a ter sua saúde comprometida. (Maury; Blumenschein, appud (2002) *ef al*, 2012, p.81).

No ano de 2019 foi registrada a venda de 12,7 milhões de toneladas de cimento segundo o Sindicado Nacional da Indústria de Cimento (SNIC), ainda segundo o órgão na região norte houve queda nas vendas com relação ao ano de 2018.

O cimento Portland é o material mais utilizado no mundo, tendo em vista a sua importância é imprescindível que as pesquisas em torno do mesmo visem um estudo além eficiência, para que assim os impactos da sua utilização em obras sejam de conhecimento de todos.

2.2.2 PRODUÇÃO DE AGREGADOS

A produção de agregados é um dos fatores estudados pelas empresas para produção do concreto com relação ao seu custo, devido a logística de transporte que interfere no seu custo final. Segundo a NBR 9935 (ABNT, 1987), agregado é o material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassa e concreto.

Para produção da brita são necessários apenas de areia e rochas, materiais abundantes e que encontramos com facilidade na natureza, por esse motivo possuem um valor agregado baixo. Segundo (HERNES, 2005) a escavação a céu aberto que é o caso da pedreira e os portos de areia são definidos como produtos explotados que significa que não possuem transformações químicas.

Mas quando se trata do seu custo logístico, existem um aumento significativo no valor final, desde a pedreira até o local de sua produção.

Com relação ao transporte o gasto que se tem é maior e não pode ser ignorado requer atenção redobrada pois se tornam uma parte importante desse processo devido aos locais de exploração desses agregados serem em localidades de difícil acesso onde é necessário um planejamento aprofundado. Como (BALLOU 1993) destacou os modais ferroviários e hidroviários os mais econômicos quando se trata de insumos de baixo valor agregado.

Outro fator que aumenta os gastos para produção dos agregados é a utilização de equipamentos pesados e instalações nas pedreiras ou portos de areias outra barreira que se enfrenta é a dificuldade de extração desses insumos.

A demanda do agregado deve ser alta para otimizar o uso dos equipamentos pesados, com isso garantindo um a boa produção garantindo que a empresa permaneça na competitividade com as outras empresas e tendo retorno do que foi investido.

2.3 LOGÍSTICA DOS MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DO CONCRETO

A logística de transporte dos materiais voltada para a produção do concreto abrange os gastos que a empresa terá com o transporte e armazenagem de materiais, sendo aplicada de forma correta garante um valor correto e qualidade que atenda às necessidades do cliente.

A produção do concreto possui um gasto com relação a sua armazenagem que envolve o espaço físico para o estoque, a mão-de-obra responsável pela movimentação dos materiais, o por fim os equipamentos que serão utilizados. Com o propósito de diminuir os prazos e os desperdícios, o processo de gerenciamento de suprimentos passou a ser destaque nos estudos da logística para maior competitividade das construtoras. (BARBOSA; MUNIZ; SANTOS, 2007).

O modelo de produção Just in time pode ser aplicado à produção do concreto, usado na logística garante eliminar o desperdício e encomia para empresa. (OHNO, 1997). O uso da logística também destaca a atenção continua com relação a reposição do estoque para garantir a rapidez do atendimento ao cliente.

Embora o processo de transporte do material deve ser um ponto crucial nessa etapa, é importante destacar a estocagem do produto para que o atendimento ao cliente possa ser alimentado garantindo a satisfação e buscando fidelizar cada vez mais.

2.3.1 LOGÍSTICA DOS MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DO CONCRETO NO MUNDO

Utilizando os conceitos logísticos, os materiais precisam de estocagem que garantem que haverá produtos disponíveis para o cliente, sempre que necessário, o maior desafio que a logística enfrenta é a quantidade de materiais que precisam ser estocados.

Alguns passos precisam ser avaliados para definir a quantidade de materiais armazenados como um estudo relacionado a quantidade de vendas, que irá gerar um os números iniciais, um levantamento de dados com histórico do mercado com dados atuais adquirindo as tendências relevantes.

A concorrência é um dos fatores que influenciam a logística dos materiais no mundo, pois força correções e melhorias continuas e também interferem nas ações comerciais e de marketing. O relatório de pesquisa de Papadopoulos *et al.* (2016) apresenta várias propostas para melhorar a integração de fornecedores com empreiteiros e clientes, levando em consideração a confiança e a troca de informações entre eles.

As condições econômicas interferem na produção do concreto sejam elas desfavoráveis ou favoráveis, fazendo com haja aumento ou declínio de vendas.

A ampla concorrência no setor da construção civil influencia a economia em escala global, pois em muitos países ela é um dos pilares econômicos, por isso a importância de tornar o ramo cada vez mais alinhado com o cliente buscando estratégias para atrair cada vez mais novos parceiros.

2.3.2 LOGÍSTICA DOS MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DO CONCRETO NO BRASIL

O concreto é um dos materiais minerais mais consumidos no Brasil, devido a utilização em grande escala por conta de o setor construtivo ser o mais importante do país. Entre os setores produtivos da construção civil o de concreto é o que se destaca na cadeia de produção, as concretarias tem papel crucial no desenvolvimento econômico do país.

A logística pra a produção do concreto segundo (Cardoso e Marcondes, 2005) precisa estar associada à sustentabilidade. No Brasil busca-se aplicar a logística reversa nas empresas, que implica estudos relacionados ao destino das sobras e resíduos desperdiçados.

A construção civil tem sofrido com diversas crises econômicas ocorridas nos últimos anos, por isso é importante buscar aprimorar os serviços prestados em todos país tendo em vista que regiões como sul e sudeste tem opções de modais que regiões como o Norte não possuem. É preciso encontrar soluções para que haja igualdade nos serviços independente da região que o cliente se encontra.

O investimento em capacitação de profissionais da construção civil no setor de logística do transporte de materiais é uma solução que resolveria as dificuldades de transporte e prestação de serviços em grandes centros urbanos e regiões mais remotas do Brasil, tornando assim cada vez mais eficaz e atendendo todos os tipos de clientes em todos os lugares do país.

A capacidade produtiva do Brasil é enorme, o país é um dos lugares mais ricos em matéria prima para produção de diversos matérias, mas esbarra nas dificuldades relacionadas a sua extensão territorial pois a maioria dos lugares onde encontram-se esses produtos são lugares distantes.

Por fim, é necessário adequar os serviços ao público para qual está sendo atendido seja o cliente na região sudeste o do Norte tenham acesso ao mesmo padrão de qualidade. O setor da construção civil é

importante para o desenvolvimento econômico e em meio as dificuldades atuais a busca por adequações as novas demandas são necessárias para que a produção continue atendendo as necessidades.

2.3.3 LOGÍSTICA DOS MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DO CONCRETO NA REGIÃO NORTE

A infraestrutura de transporte do Brasil afeta tanto a economia quanto a qualidade de vida dos cidadãos. Conforme (RIBEIRO, 2010) afirma a importância de investimentos em políticas públicas para suprir este setor. As dificuldades logísticas sofridas pela região norte encontram soluções eficientes para suprir a necessidade de insumos relacionados ao setor da construção civil. Estados como o Amazonas começaram a fabricar os principais materiais utilizados no setor, diminuindo assim a dependência de outras regiões do país.

Apesar da crise relacionada a pandemia de covid 19, o setor da construção civil sofreu poucas baixas quando se trata da ausência de insumos. Tijolos, areia, seixo e cimento possuem suas fábricas instaladas na região metropolitana de Manaus facilitando a compra e entrega de materiais nas obras.

No entanto, obras em estágio avançado de desenvolvimento que necessariamente precisam de materiais que ainda não possuem fábricas instaladas na cidade foram as mais afetadas. Produtos como cerâmicas ainda precisam ser compradas de outras regiões para serem usadas aqui, o que dificultou o andamento de algumas construções. É necessário que haja opções de modais na região, apenas assim a capacidade produtiva vai alcançar o ideal. (BARAT, 2007).

Os materiais são pedidos com antecedência para que até a execução dos serviços esteja na cidade Manaus evitando assim atrasos nas entregas das obras. O custo de transporte da região norte está associado a diferentes modais os quais interferem no custo final de sua produção. (CHOPA E MEINDL, 2003).

Os insumos para produção de concreto desembarcam pelo modal aquaviário é a mais utilizada na região norte por conta da sua geografia, favorecendo ainda mais o transporte, porém, é necessário a melhoria de alguns portos para aumentar a eficiência de entrega dos materiais. (COSTA & PADULA, 2009; MACIEL, 2006)

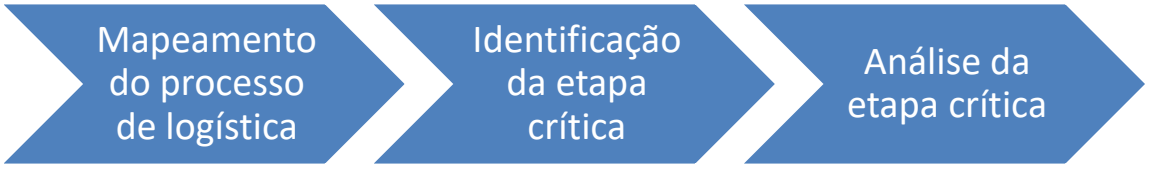
Embora as dificuldades relacionadas a distância, dependência de alguns produtos que ainda não são fabricados aqui e a crise gerada pela pandemia que afetou o mundo, o setor da construção civil no estado do Amazonas mais especificamente em Manaus conseguiu ultrapassar as dificuldades mantendo um dos setores mais importantes para a economia do estado funcionando.

3 METODOLOGIA

O artigo trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa para analisar o processo de logística dos materiais para a produção de concreto na cidade de Manaus. Quanto ao procedimento a pesquisa é classificada pesquisa de campo.

Para esse objetivo a pesquisa foi dividida em três etapas representadas no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2020)

3.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO DE LOGÍSTICA

Para a coleta de dados sobre a logística de materiais para a produção de concreto foi realizado um levantamento das usinas de concreto da cidade de Manaus. As empresas selecionadas para pesquisa foram as que mais produziram concreto no ano de 2019. O mapeamento do processo de logística consiste na

identificação da obtenção do meio de transporte e distribuição dos materiais necessários para a produção do concreto, areia, seixo (ou brita) e cimento.

Os dados para o mapeamento do processo de fornecimento dos materiais para a produção do concreto foram obtidos por entrevista com os representantes das empresas. A entrevista foi realizada on-line via formulário do Google. O formulário foi desenvolvido baseado nos dados necessários para a identificação do processo de logística de fornecimento dos materiais com as seguintes informações no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Formulário para levantamento de dados

Pesquisa sobre Logística de Materiais para Produção do Concreto na cidade de Manaus
Formulário pra identificação do processo logístico
Dados do Fornecedor
Dados de produção (extração)
Dados de compra
Dados de fornecimento (frequência)
Dados do transporte
Dados da distribuidora (se for o caso)

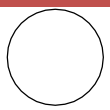
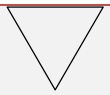
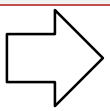
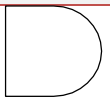
Fonte: Autoria própria (2020)

3.2 IDENTIFICAÇÃO DA ETAPA CRÍTICA

Baseado no questionário enviado as empresas foi possível obter informações relacionadas ao processo de logística. O processo de logística consiste nas etapas que os materiais passam desde sua extração até a entrega para o cliente. Com as informações do questionário foi possível mapear o processo da areia, do seixo e do cimento, para isso utilizamos como ferramenta o método fluxograma.

Entende-se por fluxograma como sendo uma representação gráfica das sequencias das etapas de um processo, sua estrutura é baseada em símbolos geométricos. Os fluxogramas contêm símbolos que servem para identificar as etapas do processo são eles: início ou fim, processo, decisão, fluxo, processo pré-definido, operação manual, documento, espera e conector. Nestes fluxogramas também serão descritas informações de tempo e custo, necessários para uma melhor compressão desta etapa, de acordo com a simbologia apresentada no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Simbologia do fluxograma

Representação	Representação gráfica	Descrição
Operação de transformação		O círculo representa a transformação ou montagem de um material. Por exemplo: a concretagem, a armação, o assentamento de tijolos, a execução das instalações elétricas, montagem de fôrmas.
Armazenagem		O triângulo representa todas as atividades armazenagem ou estocagem dos materiais, tais como: areia, cimento, cerâmico etc.
Movimentação e transporte		A seta representa o movimento de materiais, seja manual, com carrinhos ou veículo motorizado de transporte.
Inspeção		O quadrado simboliza as inspeções que ocorrem durante a produção. Por exemplo: controle de qualidade do produto, controle de nível e prumo, contagem ou pesagem de materiais no recebimento, marcações de alvenaria, registro de cotas, conferência com o projeto, medição etc.
Espera		A letra “D” representa paradas e esperas na produção, ou seja, quando as pessoas ou os equipamentos ficam aguardando o prosseguimento do trabalho.

3.3 ANÁLISE DA ETAPA CRÍTICA

A análise do fluxograma foi realizada considerando os prazos de entregas e a frequência de recebimento dos materiais. Assim, foi possível identificar o tempo de estocagem e o custo do material estocado. Para identificar a etapa crítica do processo adotou-se os seguintes critérios:

- A etapa cujo prazo de entrega fosse maior;
- A etapa cujo custo do material estocado apresentasse maior valor;
- A etapa cuja a frequência de recebimento fosse maior;

Neste estudo entende-se por etapa o processo de cada insumo, ou seja, da areia, do seixo e do cimento. O custo do material estocado foi estimado baseado no valor de venda dos insumos, uma vez que o custo de produção dos insumos não foi fornecido pelos fabricantes. A quantidade de material fornecido foi estimada considerando a quantidade de insumos adquiridos pelas usinas de concreto por ano. A quantidade dos insumos anual foi dividida pelo número de solicitações feitas no ano. O número de solicitações no ano foi obtido baseado na frequência de solicitação de cada insumo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capitulo são apresentados os resultados obtidos nas etapas, coleta de dados mapeamento do processo de logística, identificação e análise da etapa crítica.

4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO

Para o mapeamento do processo foi desenvolvido um questionário para as usinas de concreto atuantes na cidade de Manaus. As questões estão apresentadas no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Questões apresentadas as usinas de concreto para coleta de dados

Questão	Perguntas
1	Qual o seu fornecedor de Areia?
2	Qual o fornecedor de seixo?
3	Qual o fornecedor de cimento?
4	Qual o consumo de areia por ano?
5	Qual o consumo de seixo por ano?
6	Qual o consumo de cimento por ano?
7	Qual a produção anual de concreto?
8	Qual a frequência de aquisição de areia?
9	Qual a frequência de aquisição de seixo?
10	Qual a frequência de aquisição de cimento?
11	Qual a procedência da areia? E como é transportada da extração até a usina?
12	Qual a procedência do seixo? E como é transportada da extração até a usina?
13	Qual a procedência do cimento? E como é transportada da extração até a usina?

Fonte: Autoria própria (2020)

Foi realizado um levantamento das usinas de concreto atuantes em Manaus formulário eletrônico. Foram encontradas oito empresas com contatos via telefone e e-mail. As empresas que concordaram em colaborar foram apenas duas das oito empresas atuantes na cidade de Manaus. As respostas das questões feitas pelas empresas que concordaram em colaborar constam no Quadro 4.

Quadro 4 – Informações coletadas por meio do questionário aplicado as usinas de concreto

Questão	Empresa 1	Empresa 2
1	3R Materiais de Construção	Oito irmãos materiais de construção
2	3R Materiais de Construção	Oito irmãos materiais de construção
3	Polimix Concreto - Mizu	Votorantim cimentos
4	22.000 toneladas*	Em torno 40 mil m3
5	26.000 toneladas**	Em torno 55 mil m3
6	12000 toneladas	Em torno 48 mil toneladas
7	36000 m3	Atualmente em torno 80mil m3
8	Semanal	Diária
9	Semanal	Semanal
10	Diária	Diária
11	Dragada do rio, Balsa e caminhão	Arei lavada, vindo do rio negro através de balsa até o porto, depois levada em caçamba
12	Dragado do rio, balsa e caminhão	Seixo procedente do Japurá, transporte igual a areia
13	Fábrica da Mizu, Distrito Industrial I - Manaus. Transporte de graneleiro	O cimento vem em navio até o porto da Votorantim, depois transportado em graneleiro

Fonte: Autoria própria (2020) *considerar massa unitária de 1400 kg/m3 de areia fina ** considerar massa unitária 1650 kg/m3 de seixo

A participação de apenas duas empresas pode não permitir uma representatividade dos resultados. Observou-se ainda que as empresas apresentam diferença entre os valores de produção da ordem de quase o dobro. Isso indica que as empresas podem representar a menor produção e a maior produção de concreto na cidade, cuja a amplitude é da ordem de 2.

Para obtenção de mais informações sobre o fornecimento de areia e seixo foram realizados contatos com os fornecedores citados pelas empresas. No Quadro 5 constam as informações coletadas junto a estes fornecedores.

Quadro 5 – Informações sobre o fornecimento de areia e seixo

Questões	Seixo	Areia
Tempo de entrega até a usina de concreto	24h	8h
Tempo de entrega da extração até a distribuidora	3 dias	3 dias
Qual a origem do material?	Através de balsa	Através de balsa
Qual a quantidade de material recebido da extração por ano?	Três vezes por semana	Três vezes por semana
Qual a quantidade de material vendida por ano?	Financeiro	Financeiro
Qual o custo anual desses materiais para empresa?	Financeiro	Financeiro
Os fornecedores possuem licença ambiental?	Sim	Sim
Tempo de estocagem por lote (tempo pra venda)	Não informado	Não formado
Qual a frequência de compra do material?	Não informado	Não informado

Fonte: Autoria própria (2020)

A falta de informação sobre o processo de aquisição desses insumos não permitiu analises mais precisas sobre as quantidades de material em estoque. Outras informações como a origem exata do local de extração também compromete a avaliação dos possíveis riscos no abastecimento desses insumos.

Informações sobre a produção do cimento também foram coletadas junto as empresas fornecedoras de cimento citadas pelas usinas de concreto. No Quadro 6, constam as informações sobre a produção do cimento.

Quadro 6- Informações sobre produção de cimento

Questões	Empresa 1	Empresa 2
Quantos dias são dados para entrega do cimento?	24horas	Não formado
Quanto tempo leva da usina até o local de fornecimento em média?	Depende pra onde vai, o produto sai da fábrica direto para o cliente	Não formado
Quantos dias levam para chegar o cliquer na usina?	12 dias	Não formado
Quanto tempo para produzir um lote de cimento?	1 dia	Não formado
quanto tempo para esse lote ser vendido?	1 dia	Não formado
Qual o tempo máximo de estoque?	0 dias	Não formado

Fonte: Autoria própria (2020)

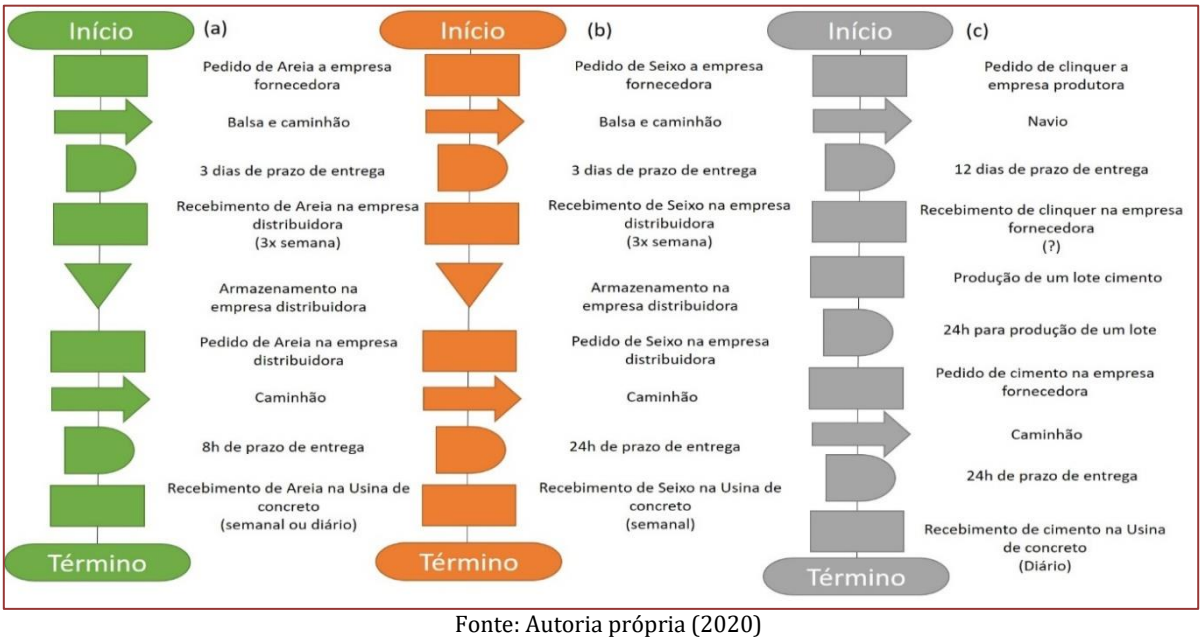
Não foi possível obter as informações da empresa fornecedora de cimento citada por uma das usinas. Isso não comprometeu as análises, pois a empresa 1 é uma das maiores fornecedoras de cimento na região. Portanto sua representatividade é legitima, contribuindo para o estudo.

Baseado nas informações coletadas sobre a produção do concreto e seus materiais foi possível elaborar o fluxograma do processo de logística dos materiais para a produção do concreto na cidade de Manaus. Na Figura 3 está representado o fluxograma do processo de logística dos materiais da produção do concreto na cidade de Manaus.

4.2 ETAPA CRÍTICA

Na análise da etapa crítica no processo de logística de materiais para a produção do concreto foram elaborados fluxogramas para cada insumo. Cada fluxograma corresponde ao processo de logística de fornecimento de um insumo desde a extração (ou produção) até o recebimento na usina de concreto. Na Figura 3 estão representados os fluxogramas do processo de logística da areia, do seixo e do cimento.

Figura 3 – Fluxograma do processo de logística dos insumos para a produção do concreto: (a) Areia, (b) Seixo e (c) Cimento.



Fonte: Autoria própria (2020)

Quanto ao prazo de entrega para a usina de concreto, não foi observada diferença entre os insumos. Porém quanto ao prazo de entrega para a empresa distribuidora (ou fornecedora no caso do cimento), observou-se que o cimento apresentava o maior tempo. Esse tempo corresponde ao fornecimento do clínquer utilizado na produção do cimento, pois o mesmo tem origem em outro estado e as vezes de outro país. No entanto esse tempo não impacta no prazo de entrega do cimento na usina de concreto. A razão para que o prazo de entrega do cimento a usina de concreto não seja maior que o dos outros insumos é a frequência de pedido e a quantidade solicitada por pedido.

A frequência de solicitação é diária o que garante o tempo de estocagem do cimento na usina de concreto menor, garantindo a qualidade do cimento. O cimento é um material perecível por isso deve ter um estoque mínimo de 30 dias. O prazo de entrega da empresa fornecedora de cimento dado a usina de concreto não compromete a produção do concreto por que o seu processo produtivo produz um lote de cimento a cada 24 horas. Segundo as informações do fornecedor: “Depende pra onde vai, o produto sai da fábrica direto para o cliente”, ou seja, no caso das usinas que participaram do estudo, o lote produzido é entregue a usina no mesmo dia. Quanto ao critério de custo do material estocado, foi necessário calcular a quantidade de concreto produzida diariamente.

A quantidade de concreto produzida diariamente foi obtida considerando a quantidade média de concreto produzida pelas duas usinas de concreto que participaram do estudo. A média da quantidade anual de concreto produzido foi dívida pelo número de dias uteis no ano. O número de dias uteis no ano foi calculado considerando 52 semanas no ano sendo cada semana com 5 dias o que totalizam 260 dias. A média anual de concreto produzida obtida foi de 58 mil m^3, dividindo pelo número de dias no ano totalizaram 223 m^3 de concreto por dia. Considerando que o consumo de cimento seja de 350 kg/m^3, quantidade diária de cimento necessária seria de 78.050 kg de cimento. A quantidade média anual de cimento recebida pelas usinas do estudo é de 30.000 toneladas, e a diária é de 115.384,62 kg. A quantidade média de material estocado é a diferença entre a quantidade média de cimento necessária e a quantidade média de cimento recebida nas usinas. Portanto, a quantidade de média de material estocado nas usinas do estudo é de 37.334,62 kg. O preço do saco de 42,5 kg na fábrica corresponde a R$ 33,00, com isso é possível obter o valor R$ 28.989,23 de sacos de cimento estocados.

Quanto ao prazo de entrega da areia e seixo para a empresa distribuidora, que corresponde a 3 dias, sendo este prazo inferior ao do cimento, observou-se que a frequência de pedido é menor que a do cimento. Porém, foi informado que a areia também tem frequência de pedido diária.

Para a análise do tempo de estocagem da areia e do seixo na usina de concreto, foi calculado a quantidade de areia e seixo consumidos para a produção diária do concreto. Para determinar a quantidade de areia e seixo consumidos por dia, considerou-se o consumo médio de areia e seixo por m^3 de 0,55 e 0,70 m^3, respectivamente. Portanto a quantidade de areia e seixo consumidos por dia é de 122,65 m^3 e 156,10 m^3 respectivamente.

A determinação da quantidade de areia e seixo em estoque por dia foi obtida pela diferença entre a quantidade de material recebida na usina (fornecida pelas usinas no Quadro 4) e a quantidade de material consumida na produção do concreto. A quantidade média de areia e seixo recebida por dia na usina, considerando 260 dias por ano, é de 107,14 m3 e 136,07 m3 respectivamente. Observou-se que a quantidade solicitada pela usina de concreto a empresa distribuidora é menor que a necessária para a produção diária.

Entretanto, analisando a frequência de solicitação, areia e o seixo são recebidos na usina de concreto em três dias na semana, e para obter a quantidade de material em estoque nesses dias seria necessária a quantidade de material solicitado para esses dias efetivamente. Mas é possível estimar que seja necessária uma quantidade de material estocado de no mínimo 2 dias. Assim, baseado na quantidade diária de material necessário para produzir o concreto, a quantidade de material fornecida pela empresa distribuidora, três vezes na semana, seria de 245,30 m3 de areia e 312,20 m3 de seixo. O valor da quantidade média mínima de material estocado seria de R$ 17.171,00 de areia e R$ 71.806,00 de seixo. Os valores unitários adotados foram de R$ 70/m^3 de areia fina e R$ 230,00/m^3 de seixo, como valores médios praticados no mercado local. Ressaltando que esses cálculos foram realizados considerando o estoque médio para as duas empresas que participaram do estudo.

Quanto a quantidade de material estocado na empresa distribuidora, é necessário saber quanto a empresa vende por dia, porém essa informação não foi fornecida. Para estimar o estoque de material da empresa distribuidora foi considerado a quantidade média de material vendida para as empresas do estudo e multiplicadas para a metade do número de usinas de concreto na cidade de Manaus. A quantidade média diária de material fornecido para as usinas de concreto é de 107,14 m3 de areia e 136,07 m3 de seixo. Considerando a metade das usinas encontradas em Manaus a quantidade de material fornecida diariamente para 4 das 8 empresas é de 428,57 m3 de areia e 544,29 m3 de seixo. Para atender à necessidade diária dessas empresas sendo que o prazo de entrega da empresa fornecedora é de 3 dias, o tempo de estoque mínimo deve ser equivalente a 3 dias. Três dias de estoque corresponde a 1.285,71 m3 de areia e 1.632,87 m3 de seixo. Portanto, o valor de material estocado corresponde, considerando preço de venda, a R$ 89.999,70 de areia e R$ 375.560,10 de seixo. Somando os valores de estocagem das etapas do processo de logística dos materiais areia e do seixo tem-se R$ 107.170,70 e R$ 447.366,10 respectivamente.

Baseado nos critérios de identificação da etapa crítica o cimento pode ser considerado a etapa crítica do processo de logística dos materiais para a produção do concreto. A identificação foi pelos critérios de maior prazo de entrega e frequência de recebimento. Ressaltando que o maior prazo de entrega não está relacionado ao fornecimento de cimento a usina de concreto, mas ao fornecimento da produtora do clínquer para a fornecedora do cimento. O outro critério de identificação da etapa crítica, o qual o cimento correspondeu, foi o de maior frequência de recebimento. Porém a frequência diária pode garantir um estoque reduzido. Observou-se pelo cálculo do estoque de cimento uma quantidade correspondente a 879

sacos de cimento, essa quantidade corresponde a mais ou menos a metade da quantidade diária de cimento necessária. Considerando que a frequência de recebimento diária não necessita de um estoque, é possível que o consumo de cimento por metro cúbico de concreto seja elevado. Portanto, o fornecimento do seixo pode ser considerado como a etapa crítica por necessitar de maior quantidade em estoque na empresa distribuidora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do respectivo estudo, foi identificada as usinas de concreto atuantes em Manaus, que somaram o total de oito, no entanto apenas duas aceitaram participar da pesquisa e com algumas restrições das mesmas, isso refletiu nos resultados contudo foi possível realizar a análise do para o mapeamento do processo de logística, que consiste no transporte e distribuição dos materiais necessários para a produção do concreto, areia, seixo (ou brita) e cimento.

Ao descrever um panorama da produção de concreto na cidade Manaus é possível observar a frequência diária de venda e produção de materiais na cidade e regiões metropolitanas. As aquisições dos insumos pelas empresas conseguem suprir as necessidades do consumidor presente na região.

Com relação ao transporte da usina para o fornecedor, a areia e o seixo possuem os mesmos modais e o tempo de entrega, porém o cimento possui modal e entrega diferente, ainda assim não infere na entrega para o fornecedor, com isso pode-se concluir que a cadeia de produção do material consegue corresponder a demanda de consumo.

A análise do trabalho revela que a etapa crítica não está na produção do cimento mesmo ele atendendo a dois dos três critérios levantados na metodologia, pois mesmo possuindo um prazo de entrega maior que os demais insumos para a usina, não interfere na entrega para o fornecedor. Outro fator levantado, conforme as informações concedidas foi possível concluir que mesmo o estoque diário de cimento sendo baixo o mesmo consegue suprir a demanda. Portanto, a etapa crítica é o fornecimento do seixo por necessitar de maior quantidade em estoque na empresa distribuidora.

Um dos impactos que se destaca está relacionado economia, o seixo além de causar impacto na quantidade em estoque, também possui um preço elevado quando comparado aos demais insumos, o tipo de transporte e o maquinário utilizado para sua extração é um dos fatores que o encarecem.

O estudo não mostrou diretamente a influência do sistema viário, porém conforme apresentado no referencial teórico é possível concluir que a distância influência no custo de todos os insumos. Pode-se constar que não é apenas o modal que influência no valor final do insumo, fatores como gestão especializada, quantidade de insumos, entre outros afetam o valor da extração até o cliente.

Entende-se que a análise deste trabalho no decorrer da sua metodologia e resultados apresentados contribuem com o estudo na avaliação de oportunidades de investimento na logística de matérias para a cidade de Manaus. A falta de clareza de informações das empresas é um dos fatores que pode ajudar a entender o mapeamento da logística no estado, podendo gerar economia não apenas para as empresas, mas também para os clientes, pois o concreto é fundamental para a construção.

Como sugestão para pesquisas futuras aponta-se a possibilidade de desenvolvimento de um estudo com relação ao preço do seixo, a possibilidade de entregas diretamente das pedreiras, evitando o estoque.

REFERÊNCIAS

[1] ANTONIALLI, F. et al. Estratégia Organizacional: um estudo e bibliométrico. Revista Espacios, v. 38, 2017.

[2] BALLOU, R. H. Logistica empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993. 388p.

[3] BARAT, Josef. Logística, transporte e desenvolvimento econômico: a visão macroeconômica. Vol. III. Editora CLA, São Paulo, 2007.

[4] CHOPA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

[5] COSTA, Darc; PADULA, Raphael. Uma proposta de infra-estrutura de transportes para o Brasil – 2011-2014. Nota Técnica elaborada para a Federação dos Engenheiros (FNE). Rio de Janeiro: DLC Consultoria LTDA, 2009.

[6] FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. Concreto com Fibras. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ensino, Pesquisa e realizações. São Paulo: Ibracon, 2005. V2, Cap. 39, p. 1195-1224.

[7] FRANÇA, Esdras Poty de. Tecnologia Básica do Concreto. In: Apostila Curso Engenharia de Produção Civil. Disciplina materiais de construção. CEFET. Belo Horizonte. 2004. p. 7-13.

[8] GUSTAVO A. G. et al. LOGÍSTICA E SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA DE CONCRETO USINADO DO INTERIOR DE SÃO PAULO. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 03, n. 16, 2015, pp. 104-121

[9] HELENE, Paulo. ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Ibracon, 2007. V2, Cap. 27, p. 905 - 944.

[10] HENNIES, W.T. et al. Pedras e pedreiras: fundamentos. Revista Brasil Mineral, São Paulo, n. 238, p. 64-70, maio 2005.

[11] MAIA, S. G. et al. Análise das relações das variáveis logísticas com a organização e estratégia das empresas de construção. Curitiba, 2019

[12] MARCONDES, Fábia Cristina Segatto; CARDOSO, Francisco Ferreira. Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil. Simpósio Brasileiro Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, 2005.

[13] PALANDENG, I. D. Journal of Research in Business, Economics and Management, v. 10, n. 1, p. 1783-1802, 2018.

[14] PAPADOPOULOS, G. et al. Supply Chain Improvement in Construction Industry. 2016

[15] RIBEIRO, Gustavo. Investimento em infra-estrutura e desigualdades regionais: uma análise do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) na Bahia. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

[16] VERMA, A.; SETH, N. A Conceptual Framework for Supply Chain Competitiveness. International Journal of Human and Social Sciences, 1, p. 5-10, 2011

[17] VIEIRA, P. A. Logística aplicada a construção civil: um estudo de caso na empresa RN Engenharia em Formiga – MG. 2010. 66 f. Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), Minas Gerais, 2010.

Capítulo 4

Avaliação das propriedades intrísecas ao bioconcreto e de suas composições: Caracterização e aplicações

Julian Monteiro Santiago
Caio Vinicius Barros Botelho
Sara dos Santos Santarém

Resumo: O conceito de sustentabilidade tem ganhado destaque nos últimos anos, principalmente dentro da indústria da construção civil, tendo em vista que é um dos setores que apresenta os maiores índices de degradação ambiental. Para buscar reduzir esses índices, tem-se encontrado meios sustentáveis para a construção civil cujo intuito é mostrar as mesmas eficiências que as produções normalmente aplicadas. A biomassa vegetal surge como um material alternativo para o concreto convencional, por apresentar fibras orgânicas que permitem seu uso como meio sustentável. Com base nesses estudos, este artigo tem como objetivo demonstrar a eficiência dos materiais compósitos em comparativo com o concreto convencional, apresentando as vantagens da utilização dos mesmos em materiais de construção a fim de reduzir os impactos ambientais. O estudo se constitui em uma revisão integrativa da literatura, elaborada com base em materiais já publicados em acervos acadêmicos, filtrando-se os que eram relevantes ao tema. Sendo assim foi possível verificar que o bioconcreto apresenta grande potencial como material de construção, no entanto mais pesquisas e investimento se fazem necessários.

Palavras-chave: Sustentabilidade, biomassa vegetal, bioconcreto.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material central no setor da construção devido à facilidade de obtenção e possuir um baixo custo de mão de obra. Porém o seu processo de produção exige uma demanda elevada no consumo de materiais não renováveis, gerando grandes acúmulos de resíduos sólidos e eventualmente impactos ambientais relevantes, e por essa razão a construção civil é considerada uma indústria potenciadora da degradação ambiental (SANTOS, 2013).

Tendo em vista os impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil e como podem afetar a atual e a futura geração caso as empresas não tenham a preocupação de atenuar esses impactos, é que muito se tem discutido sobre a adoção de medidas sustentáveis que tem como pensamento fundamental o uso consciente dos recursos naturais e conservação da natureza.

Hoje com a sustentabilidade, é possível fazer uso de materiais alternativos que possuem uma composição similar aos materiais convencionais e com as características que garantam sua eficaz aplicação na construção civil. É nesse cenário que entra o bioconcreto, um material biodegradável formado pela adição de compósitos cimento de biomassa em substituição parcial do cimento usual. A biomassa vegetal pode ser encontrada no bambu, madeira, juta, sisal, bagaço da cana de açúcar e na casca do arroz. E é através das fibras provenientes desses materiais que seu uso como agregado do concreto é propiciado (MILANI & FREIRE, 2006).

A casca de arroz ganha maior destaque levando em consideração a grande quantidade de arroz produzida no país pelo setor agrícola. A casca do arroz normalmente não é utilizada, logo o seu descarte é quase inevitável, porém ela possui uma lenta biodegradação o que gera acúmulos. A composição de suas fibras permite seu potencial emprego como material de construção, assim como suas cinzas (LIMA, 2016).

O desenvolvimento desse trabalho se faz necessário devido a uma preocupação ambiental e a necessidade da busca por materiais menos poluentes. Essa busca se intensifica quando se voltam os olhares para uma indústria contribuinte de forma excessiva por grande parcela do desgaste ambiental, como é a construção civil. A pesquisa do tema se direciona a apresentar o bioconcreto como um material alternativo e sustentável que possa ser uma alternativa viável em substituição ao concreto convencional.

Sendo assim, os objetivos do presente artigo visam realizar um levantamento das propriedades físicas, mecânicas, durabilidade e de degradabilidade do bioconcreto e suas composições, para que através dessas propriedades possam ser apresentadas suas aplicações na construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor da construção civil é um dos principais responsáveis pela degradação ambiental, devido ao grande consumo de recursos naturais, da energia, poluição e a geração de resíduos. Hoje, cerca de 35% do total dos recursos naturais consumidos pelo setor produtivo são associados à construção (GREEN BUILDING COUNCIL, 2015). A Figura 1 demonstra os percentuais de consumo da construção civil e seus efeitos gerados para a sociedade.

Figura 1 – Impactos Ambientais

Fonte: PNUD, 2012

O desenvolvimento da indústria e os novos padrões de consumo desafiam o crescimento econômico a partir de um conceito sustentável. Com o descontrole do uso dos recursos naturais por meio de todos os setores indústria, a construção civil não se diferencia das demais, sendo também responsável pelo expressivo estado de degradação do planeta (SILVA, 2008).

A sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável abriga um conjunto de paradigmas para a utilização dos recursos que visam atender as necessidades humanas no presente, sem comprometer as necessidades das gerações vindouras (TORRESI, SUSANA I. CORDOBA DE, 2010).

Há uma preocupação mundial em atenuar os impactos ambientais, bem como melhorar a economia e solucionar problemas de desigualdades sociais. E é por esta razão que a sustentabilidade está cada vez mais em evidência. De acordo com SILVA (2008), é necessário a realização urgente de mudanças nos processos construtivos tradicionais, seja na produção de materiais ou na execução de obras que não se enquadram em padrões sustentáveis, a fim de mitigar os danos ao meio ambiente.

2.1.1. IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução n° 001, de 23 de setembro de 1986 define impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

De acordo com os dados referentes ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD (2012), o setor da construção civil é responsável pelo consumo de cerca de 40% dos recursos naturais e da energia produzida, 12% da água, 55% de madeira não certificada, além de responder pela produção de 40% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

Os impactos gerados por essa indústria são variados e de extrema relevância, portanto devem ser observados com atenção. A Tabela 1 demonstra alguns dos exemplos desses impactos:

Tabela 1: Impactos Ambientais e seus Consumos

IMPACTOS AMBIENTAIS	CONSUMO
Utilização da Madeira	39% do ecossistema natural
Edifícios Brasileiros	21% da água consumida no país
Construção e Manutenção da Infraestrutura	75% dos recursos naturais extraídos, sendo a maior consumidora
Cadeia Produtiva da Construção	Contribui para poluição, liberação de gases do efeito estufa, como CO2
Risco de Contaminação Ambiental	Lixiviação de biocidas e metais pesados de alguns materiais de construção

Fonte: (FERREIRA, 2018 Adaptado)

É importante ressaltar a grande contribuição da produção de cimento para o elevado nível de CO2 do planeta. O cimento é o um material essencial na construção civil, pois é utilizado na produção do concreto. Segundo o Carbon Dioxide Information Analysis Center – CDIAC (2013) estima-se que a emissão de CO2 para a produção de cimento no Brasil foi de 610 kg CO2/ton. cimento. Com a demanda de 3,6 bilhões de ton/ano o consumo de cimento deverá aumentar 2,5 vezes até 2050.

Em escala mundial, quase 90% das emissões de CO2 oriundas da fabricação de cimento ocorrem durante a produção do clínquer (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010). O clínquer é um mineral artificial, obtido através das reações físico-químicas de calcário, argila e corretivos a alta temperatura. Durante sua

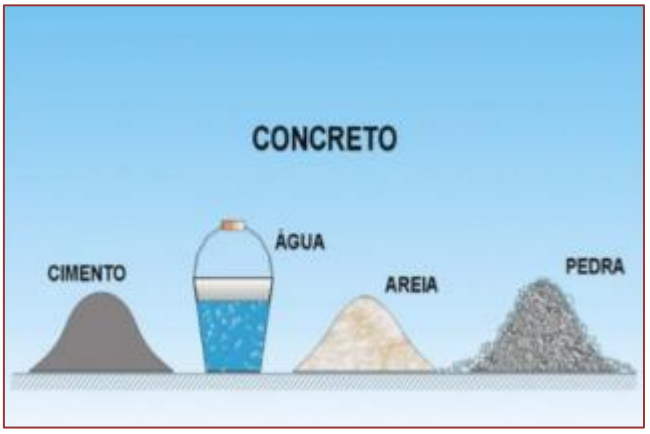
produção, é exigido a queima de grandes quantidades de combustíveis fósseis (ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009).

2.2. O CONCRETO CONVENCIONAL

Enquanto material, o concreto convencional pode ser entendido como uma mistura heterogênea composta por cimento, água e agregados miúdos e graúdos, podendo haver, eventualmente, a incorporação de um ou mais componentes (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Devido a facilidade de obtenção é um material central em obras de construção civil.

A produção do concreto pode ser realizada com vários tipos de cimento e também conter pozolonas, como a cinza volante, escória de alto-forno, sílica ativa, adições minerais, agregados de concreto reciclado, aditivos, polímeros e fibras (NEVILLE, 2015). A Figura 2 ilustra os materiais que compõem a produção do concreto.

Figura 2 – Produção do concreto



Fonte: Pinheiro, 2007

Suas propriedades físicas e mecânicas lhe permitem apresentar vantagens, sendo a resistência à compressão sua vantagem mais característica. No entanto, apresenta certas desvantagens como a baixa resistência e alongamento na tração, além de ser um material frágil e quebradiço (PINHEIRO, 2007).

2.2.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS

O concreto convencional apresenta propriedades físicas e mecânicas que lhe permite apresentar vantagens, sendo moldável, permitindo que possua várias formas. Ele apresenta uma boa resistência, desde que seja feito um cálculo correto e um detalhamento das armaduras de forma adequada. Os materiais para sua composição possuem um baixo custo de materiais, como a água e os agregados graúdo e miúdo. Seu custo de mão de obra é baixo, pois em geral, a produção de concreto convencional não exige demanda de profissionais com alto nível de qualificação (PINHEIRO, 2007).

A baixa resistência na tração é uma das principais desvantagens do concreto convencional, pois quando ocorre o alongamento das partículas do concreto, esse material tende a romper-se, por se tratar de um material frágil e quebradiço. Apresenta ainda peso próprio elevado, problemas de fissuração e corrosão das armaduras (LIBÂNIO M. PINHEIRO, 2007).

Outra grande desvantagem é o processo de produção do concreto que solicita uma grande demanda de matéria prima que por sua vez são materiais não renováveis, o que consequentemente gera um impacto ambiental (VALPORTO; AZEVEDO, 2016).

Por ser um material de construção essencial, maneiras de combater essas desvantagens tem sido o centro de várias pesquisas. Dentre essas pesquisas são apresentadas alternativas que envolvem a sustentabilidade, como por exemplo, o uso de compósitos cimento de biomassa com alto teor de biodegradabilidade, como agregados do concreto (VALPORTO; AZEVEDO, 2016).

A biomassa é a matéria baseada no carbono, hidrogênio e oxigênio produzidos pela natureza cuja finalidade é a produção de energia de uma forma mais sustentável. Martinelli et al. (1994) definem biomassa como sendo a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível em uma floresta.

2.3. A UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL (BIOCONCRETO)

O uso da biomassa vegetal como material alternativo possibilita o uso de fibras orgânicas como elementos de reforços para as matrizes do bioconcreto. As fibras vegetais são encontradas em grande abundância na natureza, apresentando assim baixo custo e baixo consumo de energia na sua produção (MILANI & FREIRE, 2006).

O bioconcreto por se tratar de um concreto capaz de se regenerar tornando-se uma alternativa para substituição do concreto simples tem a ideia central de utilizar materiais renováveis que não alterem as características mecânicas do concreto simples (DE ARAÚJO, et al., 2019).

Os materiais biodegradáveis que também podem ser chamados de compósitos cimento da biomassa são considerados sustentáveis devido ao seu grande potencial de absorção pela natureza, ou seja, sua decomposição ocorre de forma rápida o tornando um material que gera menor impacto ambiental (DOS SANTOS, 2020).

Dentre os compósitos cimento da biomassa comumente utilizados na construção civil, tem-se o bambu, a madeira, a juta, o sisal e o bagaço da cana de açúcar (ANDREOLA, 2017; da GLÓRIA, 2015; FIDELIS, 2014; TOLEDO FILHO, 1997 e SARMIENTO, 1996).

2.3.1. BIOCONCRETO À BASE DA CASCA DE ARROZ

Sendo também considerado como um compósito cimento de biomassa, a casca de arroz é um dos materiais de maior abundância no Brasil, porém ela possui uma lenta biodegradação, o que gera um dano no meio ambiente.

A casca de arroz não apresenta valor comercial, normalmente é utilizada como fonte alternativa de calor na geração de gases quentes para a secagem do próprio arroz nas usinas de beneficiamento, no Brasil, porém, essa utilização corresponde a 30% do montante de casca produzido (DOS SANTOS, 2020). A Figura 3 demonstra a distribuição da casca de arroz.

Figura 3 – Casca de Arroz

Fonte: BRS Esmeralda (2019)

Para haver uma utilização da casca de arroz como material de construção, é necessário que ela atenda exigências físicas e mecânicas que são impostas de acordo com as normas, ou seja, serem resistentes, duráveis e trabalháveis. A casca de arroz possui sílica, quimicamente conhecido como dióxido de silício,

que é o principal componente da areia e utilizado na fabricação de vidro, podendo também ser utilizado na fabricação do cimento Portland (LIMA, 2016).

Em sua composição química, a casca de arroz também apresenta como constituintes a celulose, hemicelulose, lignina, alguns compostos secundários como resinas, taninos e ceras. Em sua morfologia a casca de arroz é definida como uma capa lenhosa, oca, dura e altamente silicosa (BEZERRA, 2011).

A busca pela fonte de energias renováveis estimulou a busca também pelo aproveitamento das cinzas da casca de arroz, que é produzida em grandes quantidades após ser queimada. As cinzas também contêm a sílica, logo, se apresentam como material alternativo para a construção civil, podendo também estar presente na produção de concretos de alto desempenho (LIMA, 2016).

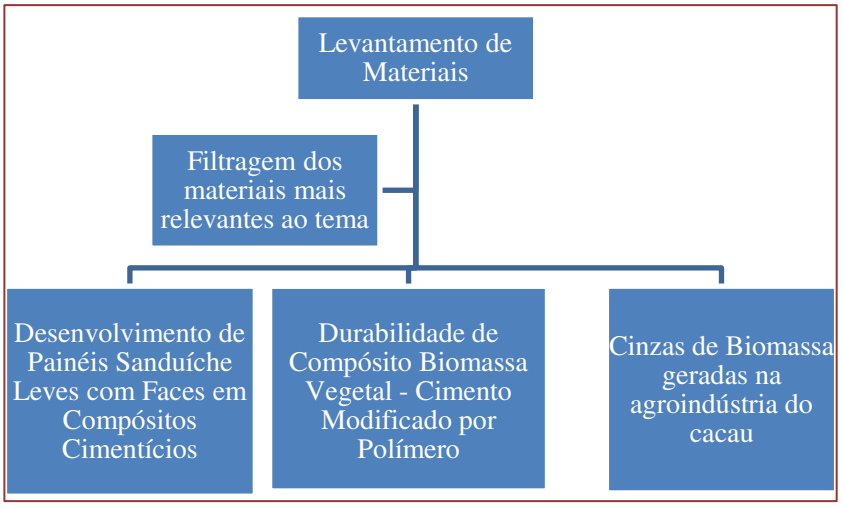
3. METODOLOGIA

De acordo com os objetivos deste trabalho, o estudo se constitui em uma pesquisa bibliográfica utilizando como procedimentos a análise de dados secundários através de revisão integrativa da literatura. Uma revisão integrativa é um método específico, que resume o passado da literatura empírica ou teórica, para fornecer uma compreensão que abranja um fenômeno particular (BROOME, 2006).

O objetivo desse método de pesquisa visa traçar uma análise sobre o conhecimento construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema. A revisão integrativa possibilita a síntese de vários estudos publicados, permitindo a geração de novos conhecimentos, tendo como base os resultados apresentados pelas pesquisas anteriores (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008; BENEFIELD, 2003; POLIT; BECK, 2006).

Para a composição teórica do trabalho foram coletados materiais dos acervos de plataformas relevantes no meio acadêmico como Scielo e Periódicos Capes. É demonstrado na Figura 4, como a triagem para a seleção dos materiais que satisfazem os objetivos deste artigo foi realizada, cujo principal é caracterizar o bioconcreto quanto sua composição e aplicação.

Figura 4 - Fluxograma de Levantamento de Materiais



Autoria Própria (2020)

Para o levantamento de materiais foram utilizadas as plataformas Scielo, Periodicos Capes, e Portais de universidades federais para a coleta de materiais.

Filtragem de materiais: Foram selecionados os materiais com propostas mais satisfatórias com o tema de estudo desse trabalho, onde dentre 10 materiais 3 foram selecionados. Para o desenvolvimento do artigo foi feita então uma revisão integrativa, tomando como princípio a utilização as referências citadas nos 3 trabalhos selecionados.

Em um dos materiais coletados é abordado sobre o uso de compósitos cimentícios na fabricação de materiais para uso na construção civil, onde é ressaltado a importância do uso de agregados

biodegradáveis para redução dos impactos ambientais, assim como nos é introduzido o uso do bioconcreto à base da casca de arroz, enfatizando a sua composição e como seu uso pode reduzir a degradação ambiental na produção do concreto.

A durabilidade de compósito biomassa vegetal-cimento também faz parte de um dos materiais analisados, no qual é abordado a utilização de polímeros no concreto e na argamassa com o objetivo de deixá-lo mais durável, tornando possível sua colocação no mercado para utilização na construção civil.

Através do estudo do material utilizado que aborda sobre as cinzas de biomassa geradas na agroindústria do cacau, pode-se analisar que mesmo com a queima dos resíduos agroindustriais, há a possibilidade de utilizar suas cinzas como agregado para materiais de construção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MÉTODOS DE PRODUÇÃO DA BIOMASSA

O estudo desse trabalho é constituído pelo método de produção dos compósitos cimento de biomassa, cuja técnica mais utilizada é a de prensagem manual ou industrial. Um ponto negativo da produção desses compósitos é o alto custo de implementação na técnica de prensagem industrial, o que a torna limitada. A prensagem manual não exige um alto custo, porém não é possível quantificar a energia utilizada, não sendo possível controlá-la e reproduzi-la com exatidão.

Dos Santos (2020) afirma que a alternativa para evitar esses problemas é adaptar o meio de produção ao mesmo utilizado tradicionalmente para a produção de concreto, pois envolve o uso de mesa vibratória, apresentando uma fácil operação e baixo custo, além de se mostrar eficiente no consumo de energia. Para essa técnica ser utilizada é necessário que a dosagem dos compósitos cimento de biomassa se adaptem ao processo, para que se dê moldabilidade a mistura.

As propriedades mecânicas dos bioconcretos são capazes de suportar grandes deformações antes da ruptura, logo, os compósitos de biomassa empregados durante o processo, permitem o controle do processo de fissuração na compressão com certa redução da tensão. Pimentel (et al. 2006), também analisa através de ensaios de resistência à tração a energia de ruptura, aos quais foi possível constatar uma redução de 60% da carga máxima de ruptura.

Como visto anteriormente, a casca de arroz possui propriedades físicas e mecânicas que a torna resistente e durável, sendo possível o seu uso como material de construção. Pode-se utilizar a casca de arroz para projetar o núcleo em bioconcreto leve. A Tabela 2 divide a composição química da casca de arroz através de percentuais.

Tabela 2: Composição química da casca de arroz reportada na literatura

Resíduos lignocelulósicos	Celulose (%)	Hemicelulose(%)	Lignina total (%)	Referência Bibliográfica
Casca de arroz	34	13	29	Hickert, 2010
	43	22	17	Roberto et al. 2003
	35	12	15	Saha et al. 2005

Fonte: Dos Santos (2020)

A celulose é a principal massa celular estrutural das plantas, e pode ser extraída a partir de diversos vegetais, ela é útil como matéria prima para materiais de construção, também sendo útil para deixar o concreto mais resistente.

A hemicelulose é uma classe de diversos polissacarídeos que em parte, estão ligados por ponte de hidrogênio à celulose. Também compõe a parede celular vegetal, representando entre 20 e 35% de biomassa.

Também associada com a celulose na parede celular, está a lignina, que possui a finalidade de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência contra ataques biológicos aos tecidos vegetais.

O diferencial desse método está no fato do material utilizado ser proveniente da capa protetora do grão de arroz, tendo em vista que grande parte das pesquisas são feitas com materiais que possuem lignina e celulose em sua composição química, comumente provindos do caule das plantas.

A sílica de alta pureza pode ser obtida a partir da casca de arroz. Em média, o país produz cerca de 10 milhões de toneladas de arroz por ano, e dessa quantidade, 2 milhões de toneladas que sobram são de casca de arroz, o que pode render cerca de 400 mil toneladas de sílica.

4.2. APLICAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL

O concreto reforçado com fibras apresenta características que dependem da resistência mecânica da matriz cimentícia, sua deformação a adesão com as fibras. Certas modificações nessas características podem otimizar a eficiência das fibras, aumentando sua durabilidade.

Um dos fatores que impulsiona a ampliação da linha de pesquisa da biomassa é a preocupação com o meio ambiente, onde por meio da utilização de resíduos provindos da agroindústria, é possível minimizar o gasto de energia para a produção de elementos construtivos (PIMENTEL et al., 2006).

Os compósitos cimentos de biomassa podem ser utilizados para finalidades diversas tendo em vista suas características intrínsecas como baixa massa específica, baixa condutividade térmica, resistência ao fogo e impermeabilidade. Quando se trata de resistência mecânica, não tem a mesma eficiência que o concreto, porém, para aplicações como em placas delgadas mostram-se adequados (BERALDO, 1997).

A viabilidade de aplicação da biomassa vegetal se mostra eficiente quando se trata de sistemas de coberturas de baixo custo. Outro potencial no uso desses resíduos orgânicos é a minimização do gasto de energias na produção de elementos construtivos, evitando danos ambientais (GRAM et al., 1994 citados por SAVASTANO JÚNIOR, 2000).

4.3. INCOMPATIBILIDADE QUÍMICA

O aglomerante é um material ligante utilizado para formação de pastas, por exemplo, na obtenção das argamassas e concretos. Através desse contexto surge o conceito de pega, que é a perda de fluidez da pasta, na qual ocorrem reações químicas de hidratação após a adição de água, o que permite que a pasta perca sua fluidez e se torne rígida.

Alguns produtos à base de aglomerantes inorgânicos começaram a ser produzidos a partir da década de 1930, e logo pôde-se perceber que a tecnologia para utilização de resíduos de madeira com aglomerantes orgânicos se efetuou rapidamente (BERALDO, 1997).

É importante que no desenvolvimento dos compósitos de biomassa se estude as implicações do uso de aglomerante inorgânico. O aglomerante inorgânico pode ser dividido em aglomerante aéreo que fazem presa em contato com ao ar, e o aglomerante hidráulico que são materiais a base de pó fino que quando misturados com água formam uma pasta que endurece por secagem natural, é o exemplo do cimento Portland (DOS SANTOS, 2020).

Ainda de acordo com Dos Santos (2020), esse estudo é importante para determinar se há incompatibilidade química entre as biomassas vegetais. É realizada através da água de amassamento que solubiliza os açúcares e outros inibidores que afetam de forma negativa a pega do cimento e é avaliado conforme o tempo e temperatura máxima de hidratação.

A utilização de técnicas como, por exemplo, no concreto polímero que é constituído da mistura de agregados tendo o polímero como único aglomerante, visa melhorar as propriedades, como a ligação entre o concreto e o substrato, a resistência ao impacto, à penetração de água e sais dissolvidos e a ação de congelamento e degelo (ACI, 1997).

5. CONCLUSÃO

Sabendo que a indústria da construção civil precisa mostrar preocupação com o aumento dos índices de degradação ambiental, é necessário que as empresas possam aderir à ideia do uso de materiais biodegradáveis para compor a produção dos principais materiais de construção.

Também é notório que ao se utilizar os compósitos cimentícios, há uma redução de gastos, visto que são materiais facilmente encontrados na natureza, além de possuírem propriedades mecânicas e físicas que os permitem serem utilizados na composição desses materiais, assim como em agregados do concreto.

O concreto é um material essencial em todas as obras de construção civil, contudo os materiais convencionais que fazem parte da sua composição intensificam a degradação do meio ambiente. O trabalho desenvolvido apresenta os compósitos cimento de biomassa vegetal como material alternativo, sendo um fator que representa uma medida sustentável.

De acordo com os resultados obtidos através da integração da literatura sobre o tema, conclui-se que:

- Os compósitos que formam o concreto biodegradável apresentam características potenciais para serem aderidos aos materiais de construção;
- O principal componente do bioconcreto é a biomassa vegetal, um resíduo orgânico que produz energia de forma sustentável;
- Pode ser utilizado como material de reforço do concreto convencional apresentando baixo custo e baixo nível de degradação no processo produtivo.

Sobre as propriedades mecânicas inerentes ao bioconcreto tem-se uma boa resistência a tensões de deformações, baixa massa específica, baixa condutividade térmica, resistência ao fogo e impermeabilidade. É importante inteirar que quando se trata de resistência mecânica o bioconcreto não tem a mesma resistência que o concreto convencional, limitando o uso desse material a estruturas que não solicitam demandas elevadas de cargas.

Na literatura atual não existem dados mais aprofundados das propriedades do bioconcreto, porém visto o seu grande potencial de aplicação deixa-se como sugestão o desenvolvimento de mais trabalhos sobre o tema, visando à realização de ensaios para determinação mais assertiva das propriedades mecânicas e de resistência.

Levando em consideração as análises dos materiais compósitos de biomassa, conclui-se que é possível reduzir os impactos ambientais causados pela construção civil através do uso de materiais alternativos, pois os mesmos não alteram as composições requeridas por norma para uso em obras, além de proporcionar uma economia maior por meio da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

[1] ABREU, B. et al. Bioconcreto. Diálogos Interdisciplinares, v.8, n.2, p. 45-55, 2019.

[2] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 313: standard practice for design and construction of concrete silos and stacking tubes for storing granular materials (ACI 313-97) and commentary – ACI 313R-97. Detroit, 1997. Revised.

[3] ANDREOLA, V. M. Caracterização física, mecânica e ambiental de bio-concretos de bambu. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

[4] BERALDO A.L. Compósitos biomassa vegetal-cimento. In: GHAVAMI K.; TOLEDO FILHO, R.D.; NASCIMENTO W.J. *Materiais não-convencionais para construções rurais*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba/Marcone, 1997. p.1-48.

[5] BEZERRA, Izabelle M. T. et al. Aplicação da Cinza da Casca do Arroz em Argamassas de Assentamento. Agriambi, v.15, n.6, p. 639-645, 2011.

[6] DA GLÓRIA, M. Y. R. Desenvolvimento e Caracterização de Painéis Sanduíche de Concreto com Núcleo Leve e Faces em Laminados Reforçados com Fibras Longas de Sisal. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

[7] DOS SANTOS, Daniele. Desenvolvimento de Painéis Sanduíche Leves com Faces em Compósitos Cimentícios Reforçados com Fibras Curtas de Sisal e Núcleo em Bioconcreto de Casca de Arroz. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, p. 144. 2020.

[8] FERREIRA, J, V, de S. Inspeção e Monitoramento de Obras de arte especiais com vista a manutenção. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

[9] FIDELIS, M. E. A. Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis reforçados com fibras de juta. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

[10] MEHTA, P. Kumar.; MONTEIRO, Paulo. J. M. Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais. 2 ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 751 p.

[11] MILANI, A.P. da S.; FREIRE, W.J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e casca de arroz. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.1-10, 2006.

[12] NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. São Paulo: Pini, 1997.

[13] PIMENTEL, Lia L.; BERALDO, Antonio L.; JÚNIOR, Holmer Savastano. Durabilidade de Compósito Biomassa Vegetal-Cimento Modificado por Polímero. Eng. Agríc., v.26, n.2, p. 344-353, maio/ago. 2006.

[14] PINHEIRO, Divino Gabriel Lima. Avaliação da atividade pozolânica em cinzas de casca de arroz (CCA) com diferentes teores de sílica amorfa. 2016. xvii, 106 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)— Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

[15] PINHEIRO, Libânio M. Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios. São Carlos: Universidade de São Paulo, maio de 2007.

[16] ROSSI, Luiz A.; CARDOSO, Paulo E. dos R.; BERALDO, Antonio L. Avaliação Térmica de Placas de Argamassa de Cimento e Casca de Arroz Aquecidas por Resistência Elétrica. Eng. Agríc., v.25, n.1, Jaboticabal, jan./abril. 2005.

[17] SARMIENTO, C. R. Argamassa de cimento reforçada com fibras de bagaço de cana-de – açúcar e sua utilização como material de construção. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, 1996.

[18] SILVA, R. B et al.. Cinzas de biomassa geradas na agroindústria do cacau: caracterização e uso em substituição ao cimento. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.15, n.4, p. 321-334, out./dez. 2015.

[19] TOLEDO FILHO, R. D. Materiais compósitos reforçados com fibras naturais: caracterização experimental. 303 p. v 1. Tese (Doutorado Engenharia Civil) – PUC/Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 1997.

[20] VALPORTO, Mariana Souza; AZEVEDO, Patrícia Silva. Gestão do Design na Identificação dos Fatores de Impactos Ambientais da Construção Civil. Estudos em Design, Rio de Janeiro, v. 24, n.1, p. 124-151. 2016.

Capítulo 5

Análise do planejamento de suprimentos em tempo de pandemia do novo coronavírus: Estudo de caso sobre um empreendimento unifamiliar no município do Iranduba – AM

Claudiney Freire Araújo
Gabriel de Freitas Frigo
Sara Santarém

Resumo: Devido a inúmeros empecilhos decorrentes da pandemia, a gestão de suprimentos e logística em pequenas empresas foram um dos fatores mais afetados e resultante do caos empresarial em âmbito global. Todavia, se tratando da peculiaridade logística do Amazonas, as estimativas de tempo para atendimento de materiais da construção civil foram ainda maiores para a região. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo geral, analisar o processo de logística de suprimentos, em uma empresa unifamiliar de construção civil do município de Iranduba, no contexto de pandemia do Novo Coronavírus. E especificamente, identificar como ocorre o processo de gestão de suprimentos na empresa, descrever os impactos causados no setor de construção civil com a pandemia do Novo Coronavírus, demonstrar as ferramentas de qualidade utilizadas no processo de solução de problemas da empresa. A metodologia utilizada neste trabalho trata-se de estudo de caso, em que os instrumentos agregados para a interpretação e análise dos dados foram a estatística descritiva e a análise de conteúdo. As situações derivadas da pandemia do novo Coronavírus interferiram diretamente no o planejamento de compras da empresa, resultando na falta de fornecimento de produto aos seus clientes finais. Nesse ensejo, foi necessário a aplicação da metodologia PDCA, resultando em mudanças, tais como: a antecipação de compra, que passou de 01 semana a 2 meses antecipados, ao local de compras que não se limitou a Manaus, ao estoque que passou a comtemplar a 1ª e 2ª etapa e ao cronograma que teve um aumento de 30 dias para finalização e entrega das habitações. Sendo assim, foi possível a permanência da empresa no mercado, bem como seu atendimento ao cliente de modo efetivo, e mesmo com que os impactos devido a pandemia do Novo Coronavírus, a empresa conseguiu planejar-se de modo a manter a saúde do seu negócio e atender seus clientes com segurança.

Palavras-chave: Ciclo PDCA, Construção Civil, Planejamento.

1 INTRODUÇÃO

No que tange o planejamento de compras da empresa de construção civil, as situações derivadas da pandemia interferiram diretamente no fornecimento de produto aos seus clientes finais, visto que o mercado de varejo na região da cidade de Iranduba é literalmente, deficiente, o que careceu da inserção de ferramentas e métodos que auxiliem na melhoria de processos frente a situações não planejadas, que é o caso do novo Coronavírus.

A pandemia do Novo Coronavírus e todo seu conjunto, em curto prazo, gerou um caos no mercado e desespero nas organizações, que buscavam garantir a segurança de colaboradores, mapear áreas de alto risco e evitar a substituição imediata, estimar estoques ao longo de toda a cadeia, lead times e ainda demanda do consumidor e de clientes, para projetar cenários e suas implicações financeiras e operacionais (SANTOS, 2020). Isto é, as empresas tiveram que operacionalizar e pensar em alternativas que atendesse seus clientes e a fizesse efetiva no mercado mesmo diante das dificuldades logísticas.

Para que a logística integrada trabalhe de maneira precisa e atenda um mercado consumidor exigente, sem perder a qualidade, é preciso administrar uma logística responsável com planejamento, implementação e controle de todas as etapas, tornando mais simples e ágil a operação (FATEC, 2018).

A identificação, avaliação, o tratamento e o monitoramento dos riscos da cadeia de suprimentos, com a prática interna de ferramentas, metodologias e estratégias de coordenação e colaboração externa com a equipe responsável pelos suprimentos, é fundamental para reduzir a vulnerabilidade e garantir a continuidade das empresas. Gerando, portanto, lucratividade e vantagem competitiva no mercado que atua (FAN; STEVENSON, 2018).

Devido à globalização das cadeias de distribuição, um fato relevante no cenário de pandemia se dá sob o aspecto de que as restrições de produção em determinadas localidades, que afetam fortemente operações locais, devido à conectividade e à dependência que alguns setores produtivos têm dada a importação de componentes ou produtos acabados (SILVA, 2020). Como é o caso do ramo de construção civil no Amazonas, que em grande maioria, depende de materiais vindo de outros estados para abastecer o mercado de varejo.

Nesse contexto, o estudo justifica-se na necessidade de compreender a gestão de suprimentos e logística em pequenas empresas no âmbito de construção civil. Na qual, se tratando da logística peculiar do Amazonas, demanda um tempo maior para atendimento de materiais. E devido a inúmeros empecilhos decorrentes da pandemia, a compra de suprimentos foi o fator mais afetado e resultante, do caos empresarial nas cidades do interior.

A partir do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar o processo de logística de suprimentos, em uma empresa unifamiliar de construção civil do município de Iranduba, no contexto de pandemia do Novo Coronavírus. E especificamente, identificar como ocorre o processo de gestão de suprimentos na empresa, descrever os impactos causados na empresa de construção civil com a pandemia do Novo Coronavírus, descrever a ferramenta PDCA utilizada no processo de solução de problemas da empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MERCADO EM FRENTE A PANDEMIA DE COVID-19

Conforme Amitrano, Magalhães e Silva (2020), a crise mundial decorrente da pandemia do Covid-19 gerou um caos mundial, afetando não somente a saúde dos indivíduos, mas a qualidade de vida e o declínio econômico. Deste modo, os impactos negativos, foram das medidas de saúde pública (restrições de mobilidade, fechamento temporário de empresas etc.), voltados para a redução da taxa de transmissão do vírus (achatamento da curva). O que gerou três distintos efeitos, diminuição da oferta de trabalho, impactos psicológicos do isolamento social, desemprego e/ou da ausência no ambiente de trabalho por período prolongado, redução do nível de atividade econômica, e deficiência da cadeia produtiva, visto que houve à interrupção do fluxo de insumos entre setores, tanto em nível nacional, como internacional.

Para Rocha (2020), as medidas anunciadas pelos governos federais, estaduais e municipais como contingência destinada ao enfrentamento da crise, resultou a paralisação dos serviços e do fechamento de estabelecimentos públicos e privados, devido às restrições sanitárias decorrentes do novo coronavírus. Isso porque, para a maioria desses estabelecimentos, o faturamento diário é essencial para

a manutenção do negócio, para o pagamento das despesas, aquisição de produtos, pagamento de impostos e folha de pagamento etc. Poucos empresários possuem, ou conseguem formar, reservas financeiras para enfrentar tempos difíceis, sobretudo esta crise sem precedentes e de consequências catastróficas.

Todavia, de acordo com o Centro de Tecnologia de Edificações – CTE (2020), apesar dos inúmeros desafios dispostos pelo novo coronavírus trouxe muitos desafios ao mundo, é possível enfrentar essa crise. Contudo, faz necessário, possuir um planejamento emergencial para que empresas da Construção Civil retomem o cenário econômico brasileiro. Conforme a CBIC (2020), no Brasil, várias ações estão sendo tomadas, tanto pelos níveis de governo, quanto pela sociedade e pela comunidade de saúde, empresários, entidades sociais e sindicatos de trabalhadores para o enfrentamento da pandemia do coronavírus.

Logo, no que diz respeito a atividade da construção civil, não se tem dúvida de que se trata de uma atividade essencial para manutenção da vida social. Tendo em vista que, sem ela habitações não são entregues, leitos hospitalares não são disponibilizados, reforma e adaptação de estruturas para melhorar o funcionamento de serviços públicos essenciais não ocorrem. Como pode ser imaginado, a paralisação de obras junto a falta de recursos e abastecimento da cadeia de suprimentos pode levar a prejuízos irreparáveis para a sociedade (DIAS, 2020).

2.2 CADEIA DE SUPRIMENTOS E LOGÍSTICA

De acordo com Leite et al (2017), a gestão da cadeia de suprimentos é um processo estratégico, no qual é responsável pela previsibilidade da demanda de material, seleção dos fornecedores, fluxo de materiais, contratos, informações e movimentações financeiras, criação de novas instalações, relacionamento com clientes, e trata também de questões mais amplas como a economia, a sociedade, o meio ambiente.

Complementando, Christopher (2011), enfatiza que a gestão da cadeia de suprimento baseia-se na articulação e coordenação entre os processos internos da empresa para adquirir produtos e/ou materiais em relação a fornecedores e clientes. De tal modo, o ponto chave da gestão da cadeia de suprimento trata-se da redução e eliminação de défices de estoques, colaborando para o atendimento da demanda da empresa.

A logística/cadeia de suprimento e um conjunto de atividade funcionais (transporte, controle de estoque etc.) isso repete enumeras vezes ao longo do canal pelo qual matérias primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agregam valores ao consumidor. Uma vez que as fontes de matérias primas, fabricas e pontos de vendas em geral não tem a mesma localização e o canal representa uma sequência de etapa de produção, as atividades logísticas podem ser repetidas várias vezes até o produto chegar ao mercado. Então, as atividades logísticas se repetem à medida que produtos usados são transformados a montante no canal logístico (BALLOU, 2015, p. 29).

Nesse contexto, pode-se afirmar que a cadeia de abastecimento obedece a processos promovidos para obtenção de materiais, com a finalidade de disponibilizar os produtos no local certo e no tempo preciso, da maneira com que os clientes e consumidores os desejarem (PEREIRA ET AL, 2019)).

Deste modo, a administração de materiais auxilia na gestão de produtos escassos; facilita a visualização das necessidades de aquisição das matérias-primas; permite a empresa adotar técnicas de fabricação sustentável como o Just in Time (JIT) e possibilita a redução dos preços dos produtos acabados, devido à política de redução de estoques.

De acordo com Ballou (2015), as atividades de controle de estoque, buscam trazer benefícios tanto para a empresa quanto para seus clientes, tendo como prioridade atender e fornecer bens e serviços para suprir as necessidades, não deixando de lado à qualidade e preços competitivos com o mercado. O controle de estoque é o alicerce da empresa, pois sua ausência pode causar falhas no atendimento a clientes tanto internos, quanto externos, e com isso a deficiência no atendimento leva a uma diminuição dos lucros e consequentemente a empresa tende a perder espaço no mercado

Para Tabosa (2017), a gestão da cadeia de suprimentos na construção civil proporciona múltiplos resultados para as empresas do ramo, sendo as mais pontuadas a logística otimizada, redução nos resíduos gerados, melhor relação com fornecedores, ganho de qualidade à obra como um todo e por fim, a redução de custos.

2.3 CICLO PDCA

Conforme Alves (2015), a ferramenta PDCA é utilizada principalmente em padrões de sistemas de gestão, podendo ser utilizado em qualquer organização para garantir o sucesso do negócio, independentemente de sua área ou departamento (vendas, compras, engenharia, etc.).

O ciclo PDCA, é uma ferramenta de gestão que visa melhorar e controlar os processos e produtos de forma contínua. Ainda de acordo com Alves (2015), esse ciclo fundamenta-se a partir de atividades planejadas e recorrentes, para melhorar os resultados e/ou atingir as metas estabelecidas, e por isto não possui um fim pré-determinado. Tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, identificando as causas dos problemas e as soluções para os mesmos e está dividido em quatro etapas principais, de acordo com a figura 1, abaixo:

Figura 1 – Ciclo PDCA

Fonte: Alves, 2015.

De acordo com a figura 1, o ciclo PDCA age em 4 vertentes – *Plan, Do, Check* e *Act* – que respectivamente tratam de planejar, executar, chegar e atuar. Conforme Zandavalli et al (2013), casa fase do ciclo representa as seguintes funções:

Tabela 1 – Fases do Ciclo PDCA

FASE	DESCRIÇÃO
PLAN (planejamento)	Estabelecimento de objetivos e metas, com base nas diretrizes da empresa. Normalmente as metas ou estratégias são desdobradas do planejamento estratégico.
DO (execução)	Implementação do planejamento. Contudo, é necessário treinar as pessoas para a execução.
CHECK (verificação)	É quando se verifica se o planejado foi consistentemente alcançado através da comparação entre as metas desejadas e os resultados obtidos.
ACT (agir corretivamente)	Caso as metas sejam alcançadas, é necessário adotar como padrão o planejado na primeira fase, caso isso não foi possível é necessário procurar alternativas para prevenir os efeitos indesejados. Neste último caso, volta-se a primeira fase do PDCA e inicia-se o ciclo novamente

Fonte: Adaptado de Zandavalli et al, 2013.

De acordo com Gomes et al (2019), a utilização do ciclo PDCA em ambiente organizacional é uma forma de melhorar os resultados e alavancar o desempenho da empresa. O ciclo da qualidade é um método desenhado para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de problemas em uma organização, e tem como foco a melhoria contínua de processos de qualquer natureza. Contudo, para implementação é necessário estudar todas as suas etapas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho trata-se de estudo de caso, cujas as naturezas da pesquisa são qualitativas e quantitativas.

O estudo de caso é um tipo de pesquisa que consiste em coletar e analisar informações sobre determinado endivido um grupo ou uma comunidade afim de estudar aspectos variados de sua vida de acordo com assunto da pesquisa. É um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, compreendido como uma categoria de investigação que tem como objeto o estudo de uma unidade de forma arraigada, podendo tratar-se de um sujeito, de um grupo de pessoas, de uma comunidade (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa de estudo de caso possui uma abordagem qualitativa na qual, o investigador explora um sistema delimitado contemporâneo da vida real, ou seja, um caso ou múltiplos casos ao longo do tempo, por meio da coleta de dados detalhada abrangendo múltiplas fontes de informações e relata uma descrição de casos e temas do caso (CRESWELL , 2014). E quantitativa, pois quantifica dados de maneira correlacionadas aos dados obtidos na pesquisa (YIN, 2015).

Em consoante, o estudo de caso implica na utilização de múltiplas técnica de coleta de dados, sejam elas, como fontes bibliográficas, entrevistas e observações (MEDEIROS, 2019).

A pesquisa teve início em setembro 2020 e finalizou outubro do mesmo ano. O processo de coleta de dados para realização desta pesquisa obedece a uma ordem de atividades, conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Ordem de atividades para obtenção de dados.

ORDEM	ATIVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levantamento bibliográfico	Nessa etapa foi realizada pesquisas em livros, artigos e trabalhos acadêmicos publicados sobre a temática em contexto, cadeia de suprimentos, logística em meio a pandemia do Coronavírus e ferramentas de qualidade
2	Visita in loco	As visitas ocorreram no tempo da pesquisa. Logo, no levantamento de informações a respeito do gerenciamento de suprimentos e logística da empresa, foram utilizadas canetas esferográficas, bloco de anotações, smartphone para gravação de áudios, afim de arquivar o material coletado
3	Entrevista	Foram realizadas entrevistas com perguntas aleatórias para os administradores da empresa, a respeito dos impactos causados pela pandemia, bem como o processo de fornecimento das matérias primas para a construtora

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2020.

Os instrumentos agregados para a interpretação e análise dos dados foram a estatística descritiva e a análise de conteúdo.

A estatística descritiva, possui o objetivo básico de sintetizar uma série de valores de mesma natureza, permitindo dessa forma que se tenha uma visão global da variação desses valores, organiza e descreve os dados de três maneiras: por meio de tabelas, de gráficos e de medidas descritivas (GUEDES ET AL, 2019).

A análise de conteúdo permite uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto de uma comunicação na medida em que favorece a delimitação do corpus, a definição de termos, descrição das características das mensagens, as inferências sobre as causas e efeitos (CARVALHO; CARVALHO, 2015).

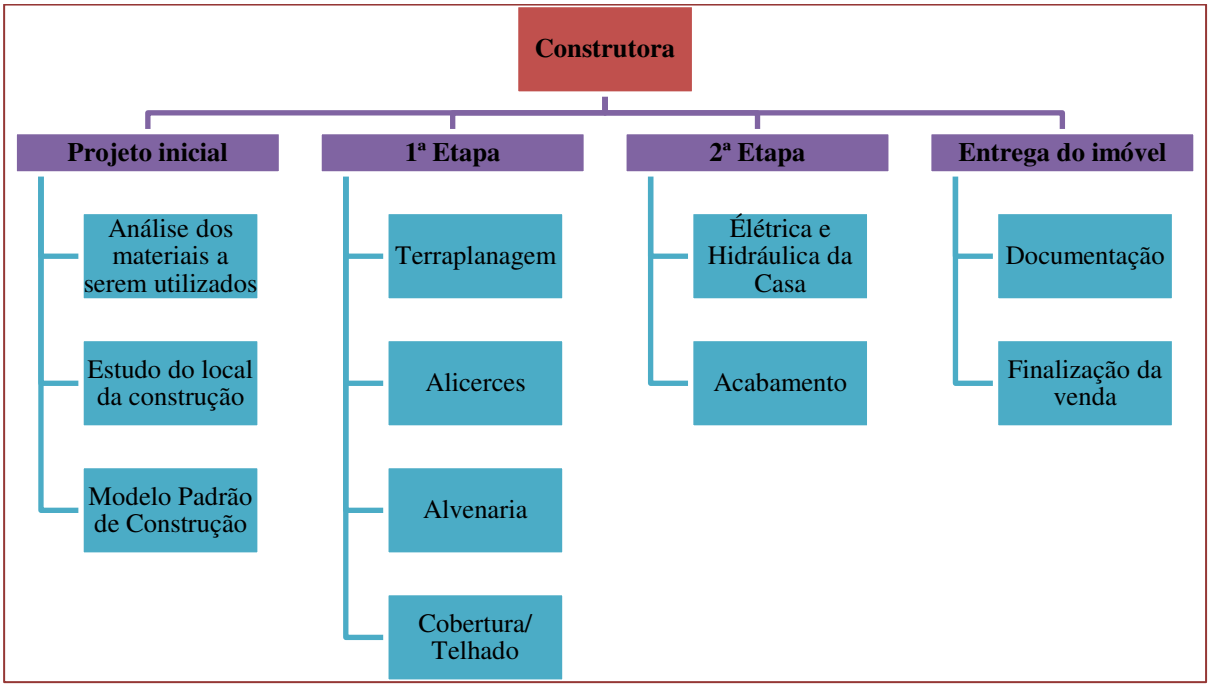
Os dados obtidos durante a realização das visitas in loco, pelas entrevistas e observações diretas, serão inseridos em planilhas do programa Microsoft Excel 2019 e gráficos gerados pelo Microsoft Word 2019 para serem analisados e interpretados posteriormente. Através desses dados foi possível visualizar informações pertinentes no que diz respeito a cadeia de suprimentos e logística aplicados na empresa. Assim, com essas informações será possível servir como referência para outros estudos, sendo referência para estudantes, pesquisadores, instituições de ensino públicas e privadas, moradores e a população em geral.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Permanecer competitivo em tempos de crise não é das tarefas mais fáceis, sobretudo para as empresas da indústria da construção civil, afinal este é um dos setores que primeiro sofre os impactos das oscilações e quedas na economia (MOBBUS, 2015). Nesse ensejo, para que fosse possível prosperar em face a uma mudança turbulenta, as organizações precisam melhorar a forma como lidam com interrupções inesperadas nas cadeias de suprimentos complexas (FIKSEL ET AL, 2015).

Para que se compreenda o empreendimento, em contexto do planejamento, abaixo mostra-se as divisões de suas etapas:

Figura 2 – Etapas de Execução do Empreendimento Unifamiliar.



Fonte: Próprios Autores, 2020

Conforme a figura 2, as etapas de execução da construtora em estudo são divididas em 3 etapas, sendo a primeira o projeto inicial (responsável por realizar todo o estudo do local, insumos, custos com mão-de obra, etc), a 1ªetapa (terraplanagem, alicerces, alvenaria e cobertura), a 2ª etapa (Elétrica e hidráulica da casa, e acabamento), e por fim, a entrega do Imóvel (que compreende a documentação e a finalização da venda).

Figura 3 – Etapas da construção.

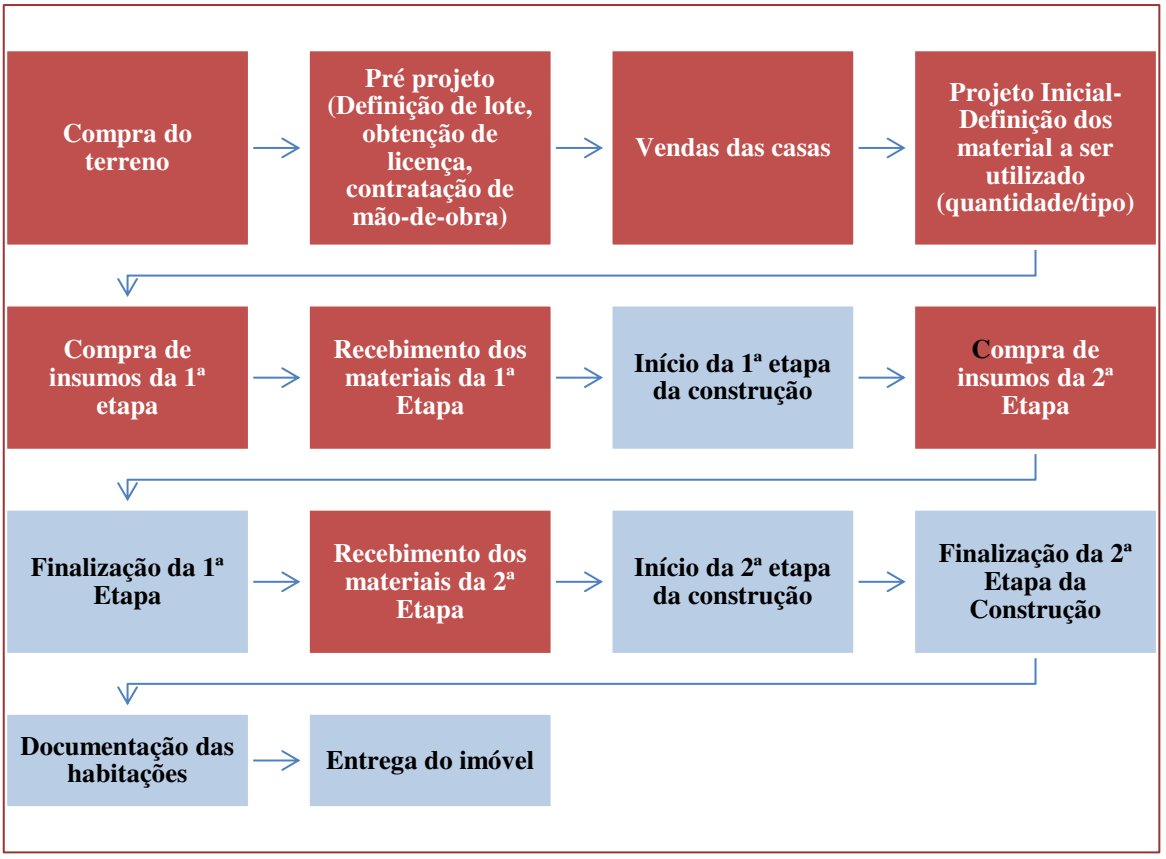
Fonte: Próprios Autores, 2020

Conforme a figura 3, as habitações seguem um padrão de construção, pois tratam-se das casas financiadas pelo Programa Nacional de Habitação da Caixa Econômica Federal, no qual, são dispostas em conjuntos residenciais. Estes conjuntos habitacionais de interesse social são compostos por soluções urbanísticas, arquitetônicas e construtivas repetitivas em larga escala, cuja padronização é um elemento chave de construção (CARRARO, 2010).

Logo, para atender seu planejamento de suprimentos atendia o fluxo logístico conforme a figura 4.

Conforme a figura 4, a logística da construtora inicia da compra do terreno, seguindo as etapas de pré-projeto, vendas das residências, projeto inicial, compra de insumos da 1ª etapa, recebimento dos materiais da 1ª etapa, início da 1ª etapa da construção, compra de insumos da 2ª etapa, finalização da 1ª etapa, recebimento dos materiais da 2ª etapa, início da 2ª etapa da construção, finalização da 2ª etapa da construção, documentação das habitações, e por fim, a entrega do imóvel ao cliente.

Figura 4 – Logística e planejamento da Construtora.



Fonte: Próprios Autores.

Conforme o quadro 2, como eram feitas as compras na empresa, em um cenário normal, anterior a pandemia do Novo Coronavirus, com local valores e prazos.

Quadro 2 – Compras de materiais na empresa em cenário anterior a pandemia do Novo Coronavírus.

DESCRIÇÃO	VALOR/SITUAÇÃO
Prazo de entrega de insumos	5 a 7 dias para atendimento
Local das compras	Manaus-AM
Estoque	R$ 450.000,00 de material
Atendimento do estoque	1ªEtapa do projeto de 100 residências
Cronograma de entrega das casas	240 dias

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como mostra o quaro 2, as compras de insumos eram recebidas com o prazo de 5 a 7 dias, advindas da cidade de Manaus, capital do Amazonas. Para atendimento da demanda da empresa, mantinha-se um estoque de R$ 450.000,00, cujo material atendia a primeira etapa da construção, terraplanagem, alicerces, alvenaria e cobertura. Além disso, de acordo com o cronograma da empresa a entrega das casas eram com 240 dias.

Conforme a figura 5, os materiais dispostos para a 1ª etapa das construções demandavam um espaço menor.

Figura 5 – Estoque em cenário anterior ao Covid-19.

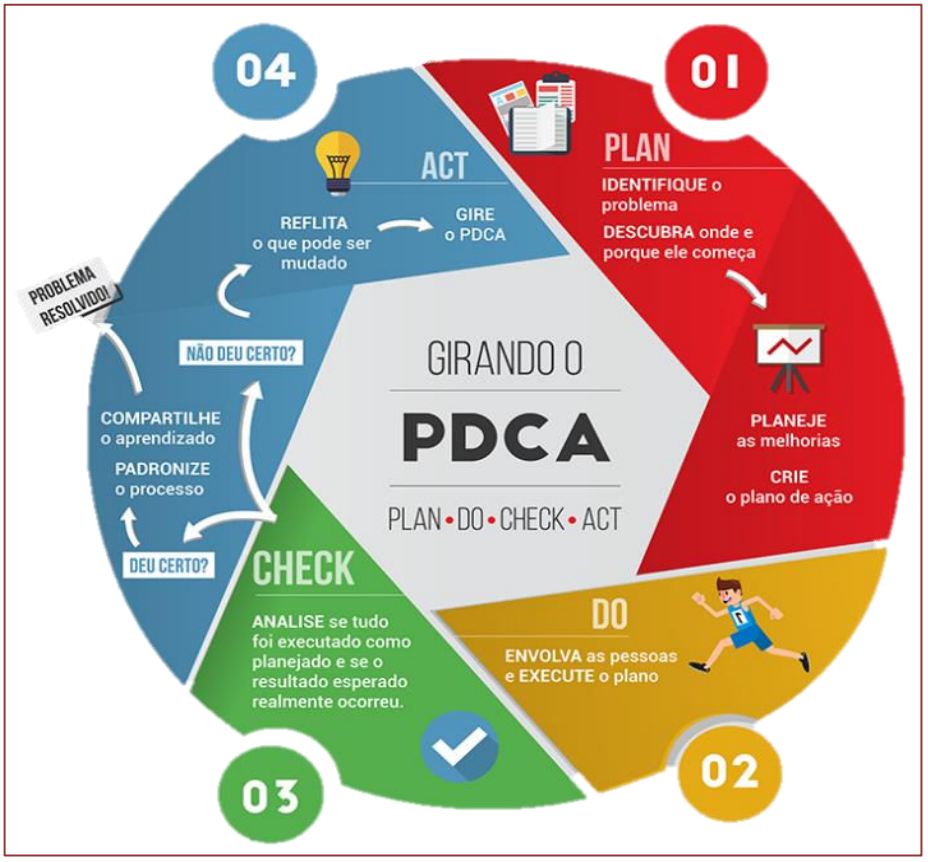
Fonte: Próprios Autores.

Nesse ensejo, pontuou-se os seguintes problemas decorrentes do cenário de Coronavírus, sendo eles: a escassez de insumos na cidade de Manaus, o aumento do valor de compra dos materiais, o prazo de atendimento da compra de materiais que eram de no máximo 7 dias, passam a ser superior a 60 dias. Além disso, o cronograma de execução das obras que totalizavam 240 dias, só conseguiriam ser atendimentos se as compras de materiais fossem atendidas de modo a antecipar o início das obras.

Logo, para resolução das problemáticas advindas da pandemia, aplicou-se o método PDCA (Plan - Planejar, Do - Executar, Check - Verificar, Act - Agir). O Ciclo PDCA sido usado atualmente pelas empresas na execução e seu planejamento estratégico de forma eficiente e dinâmica. Logo, o ciclo não é utilizado apenas para diagnosticar não-conformidades, mas também para evitar que elas aconteçam. Isso implica a tomada de ações preventivas, que atuam antes que o problema ocorra (SOUZA; ALMEIDA NETO; CAVALCANTI, 2017).

A figura 6, refere-se ao ciclo PDCA e suas respectivas funções, nas quais implica sobre o *Plan* (fundamenta-se em localizar o problema, estabelecer metas, análise do fenômeno, análise do processo, elaboração do plano de ação), Do (Executar a Ação), Check (verificação dos resultados obtidos através das ações procedentes à fase de planejamento com o devidamente monitoramento) e o Act (que trata da padronização das ações executadas).

Figura 6 – Ciclo PDCA



Fonte: Siteware, 2017.

Ainda de acordo com os parâmetros dispostos na figura 6, temos as seguintes situações exploradas para cada um dos módulos conforme abaixo:

***Plan*:**

- Identificação do problema – a escassez de insumos na cidade de Manaus, o aumento do valor de compra dos materiais, o prazo de atendimento da compra de materiais que eram de no máximo 7 dias, passam a ser superior a 60 dias;
- Observação: o cronograma de execução das obras que totalizavam 240 dias, só conseguiriam ser atendimentos se as compras de materiais fossem atendidas de modo a antecipar o início das obras;
- Análise do processo – Conforme vide na figura 2;
- Plano de Ação – Aumentar o nicho de fornecedores, comprar material com no mínimo 60 dias de antecedência, aumentar o estoque para atender a 1ª e a 2ªEtapa das construções das habitações, aumentar o recurso financeiro disposto para o setor de compra de suprimentos, remanejamento do cronograma.

***Do*:**

- O setor de compras mesclou os pedidos entre Manaus e São Paulo, para que não houvesse falta de insumos;
- Recursos financeiros foram remanejados, passando de R$ 450.000,00 de estoque para R$ 1.500.000,00 em material estocado, atendendo a 1ª a 2ª etapa;
- Compras antecipadas 60 dias antes do início da obra;
- Aumento do local de estoque;

- Setor de projetos responsável por reduzir o quantitativo de material, com a finalidade de redução de gastos e sobra de materiais comprados excessivamente.

***Check*:**

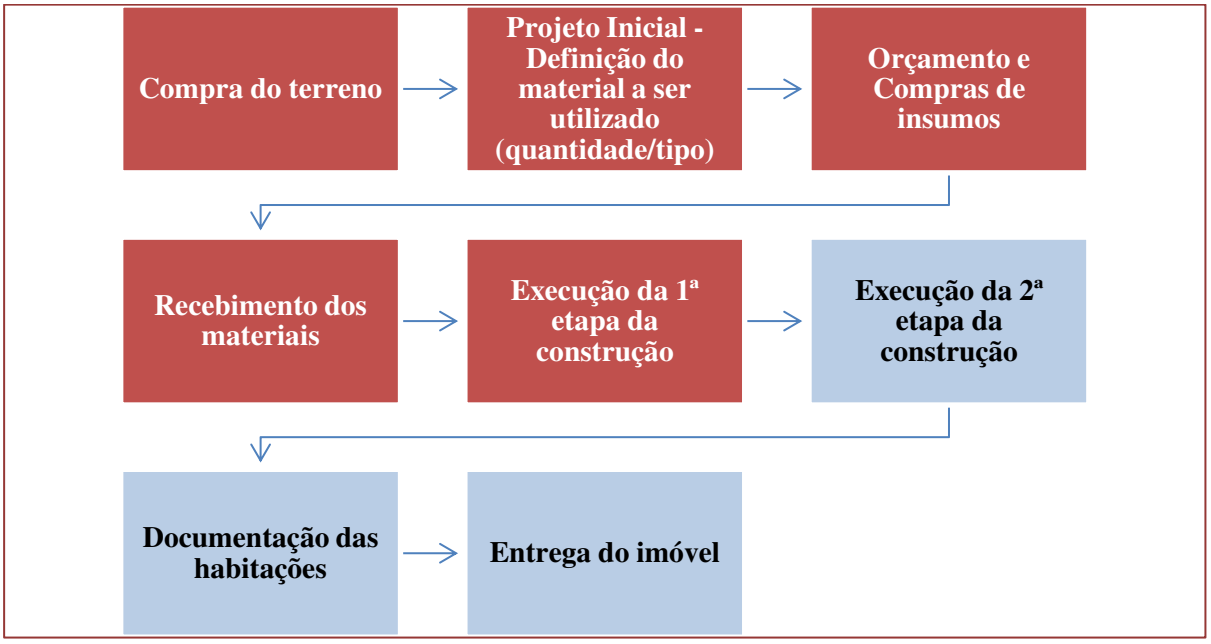
- Aumento de R$ 1.050.000,00 no valor de estoque;
- Cronograma alterado no primeiro mês de cada projeto para acréscimo de 30 dias;
- Mudança de local de fornecimento, de Manaus para São Paulo;
- Resultado satisfatório que atende a necessidade da empresa e dos clientes;

Act:

- Padronização do planejamento de compras de suprimentos e execução de atividades da empresa (conforme a figura 4).

Conforme a figura 7, a padronização dos processos da empresa após a aplicação do PDCA são as seguintes: compra do terreno, projeto inicial - definição dos materiais a serem utilizados (quantidade/tipo), orçamento e compras de insumos, recebimento dos materiais, execução da 1ª etapa da construção, execução da 2ª etapa da construção, documentação das habitações e entrega do imóvel.

Figura 7 – Padrão de planejamento.



Fonte: Próprios Autores.

No que tange o aumento do orçamento referente as compras de materiais, quando se trata de um problema de amplitude mundial em que não há previsão de normalidade, que é o caso do Coronavírus, os custos de estoque aumentam, junto ao poder de compra.

O orçamento é uma previsão de custo de um determinado produto ou serviço. Através dele é mesurável o conhecimento de toda a composição de materiais e serviços que serão necessários para desenvolver o projeto (BRUM, 2018). Todavia, o mercado da construção é conhecido pelo elevado desperdício de materiais e pelo excesso de tempo relativo à mão de obra, além das grandes dificuldades encontradas pelo setor em gerir processos, como por exemplo, a estimativa de custo (BASTOS ET AL, 2016).

Logo, a empresa necessita de um estoque que tenha a capacidade de atender o mínimo de 100 casas construídas, que se refere a 01(um) conjunto habitacional completo.

Contudo, as empresas devem sempre se atentar aos processos de gerenciamento de custos, focando no planejamento e no orçamento, percebendo que ao final da execução de suas obras, uma vez que quando ocorre problemas que são macro ambientais, altera-se ao modo como operam a fim de se alcançar resultados similares aos dos projetos de lançamento, buscando minimizar o desperdício de material, que é alto no setor de construção (COSTA ET AL, 2014).

Assim, o quadro 3, dispõe das mudanças ocorridas na empresa em comparação a antes da pandemia e atualmente:

Quadro 3 – Planejamento anterior a pandemia e cenário atual.

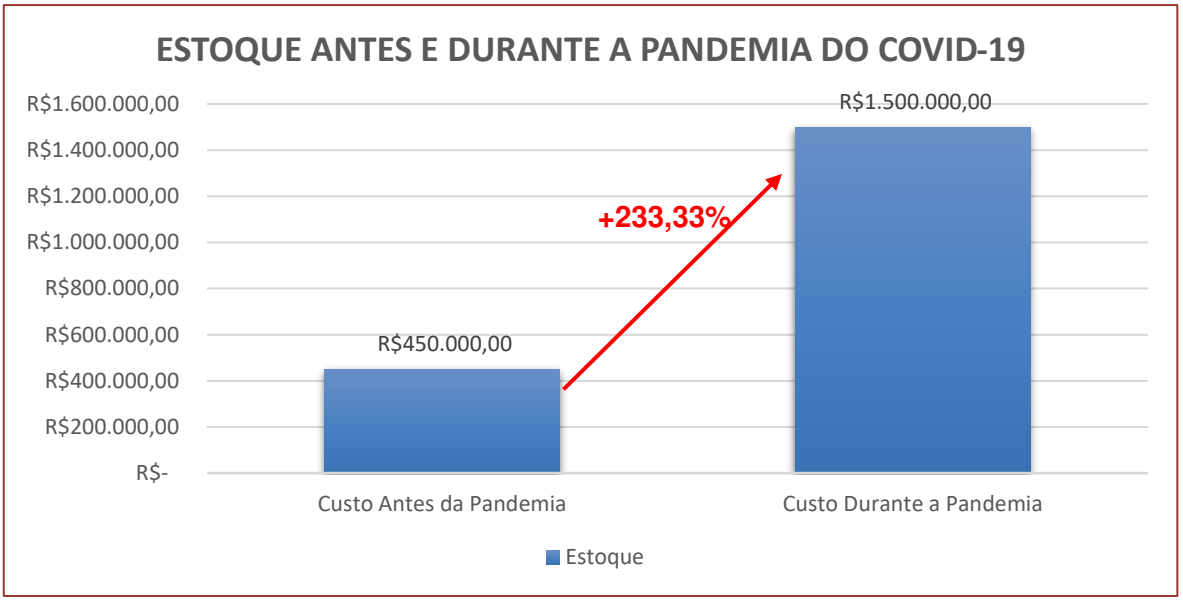
DESCRIÇÃO	CENÁRIO ANTES DA PANDEMIA	CENÁRIO ATUAL
Compra de insumos	5 a 7 dias antes da obra	Mínimo de 60 dias antes da obra
Local das compras	Manaus-AM	Manaus-AM e São Paulo-SP
Estoque	R$ 450.000,00 de material	R$ 1.500.000,00
Atendimento do estoque	1ªEtapa do projeto de 100 residências	1ª e 2ª etapa do projeto de 100 residências
Cronograma de entrega das casas	240 dias	365 dias

Fonte: Próprios Autores.

Conforme disposto no quadro 3, as alterações foram na antecipação de compra, que passou de 01 semana a 2 meses antecipados, ao local de compras que não se limitou a Manaus, ao estoque que passou a comtemplar a 1ª e 2ª etapa e ao cronograma que teve um aumento de 125 dias para finalização e entrega das habitações.

Conforme a figura 8, referente ao gráfico comparativo entre o estoque em cenárop antes da pandemia e durante a pandemia, o valor de estoque aumentou 233,33% em relação a pandemia, já que para suprir o tempo de demanda e logística do mercado, foi necessário antecipar as compras que eram postergadas para após a 1ª etapa das obras. Tal fato, só foi possível devido a estrutura financeira disposta pela empresa, que verificou a necessidade de um investimento mais elevado, devido ao aumento no prazo de atendimento dos fornecedores e/ou a falta deles.

Figura 8 – Gráfico de aumento de estoque da empresa de construção.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Como podemos observar na figura 9, mesmo com as complexidades acarretadas pela nova situação mundial, as obras estão em execução. Assim sendo, mesmo que tenha tido um aumento circunstancial nos custos de estoque, prazo de entrega e aumento no cronograma, tais procedimentos tiveram como finalidade manter a segurança da empresa sobre a compra de suprimentos para a sua prestação de serviço e tratar dos problemas de modo antecipado.

Figura 9 – Obras em execução durante a pandemia,

Fonte: Próprios Autores.

A empresa utilizou o Clico PDCA para executar os seus planos estratégicos de forma eficiente e dinâmica. A qualidade dos serviços prestados pelas empresas é o diferencial necessário para que elas sobrevivam no mercado, portanto, como o Brasil possui milhares de indústrias, a determinação dos processos é fator decisivo para o desenvolvimento dos negócios. É de grande importância na situação

econômica do país e tem um alto grau de participação no produto interno bruto (PIB) (GOMES ET AL, 2019).

Portanto, mesmo com os impactos notados e causados pela pandemia do Novo Coronavírus, foi possível que a empresa conseguisse sua permanência no mercado. E logo, devido à falta de materiais dispostos mais rápidos pelos fornecedores e a necessidade de altos investimentos (sendo aumentado em 233,33%) em comparação ao cenário normal, conseguiu planejar-se de modo a manter a saúde do seu negócio e atender seus clientes com segurança.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, percebeu-se que o método PDCA permite a proporção de estratégias mediante a problemas não esperados. Logo, foi possível que o estudo e implantação da ferramenta ajudasse a solucionar as problemáticas decorrente do cenário de pandemia do Novo Coronavírus.

O método PDCA nesse contexto, estimulou os gestores a reformação de processos, com a finalidade de maior eficiência diante de dificuldades não esperadas. E mesmo com o aumento de estoque, de número de fornecedores de insumos e no cronograma de atividades, permitiu-se que a empresa tivesse uma maior seguridade no seu negócio, mantendo-se no mercado.

É notável que a empresa buscou melhoria através da mudança de planejamento da sua cadeia de suprimentos, gerindo melhor o seu tempo e quantidade de compra, já que o mercado está em constante oscilação e possui atualmente, uma escassez no fornecimento de insumos. Logo, pode-se afirmar que a empresa ganha pela visão de atender seu cliente de modo antecipado, investindo imediatamente na compra de material.

Contudo, não se pode deixar de perceber que os investimentos financeiros, que anteriormente eram sentido pela empresa de modo parcial (entre a primeira compra e a segunda compra de materiais de construção), tiveram que ser feito simultaneamente, para que os pedidos de insumos atendessem o cronograma de construção.

Deste modo, não somente as empresas de construção civil tiveram que readaptar a maneira de comprar e fornecer materiais, mais todo o comércio amazonense em si. Sendo que, as cidades do interior do Amazonas, que dependiam da capital de Manaus para o fornecimento imediato de produtos, passaram a ter que buscar alternativas em outras cidades. Assim, a falta de matéria-prima em locais mais acessíveis, alterou não somente o cronograma, mas o setor de compras e vendas das empresas.

Portanto, aplicação da metodologia PDCA permitiu promoção do trabalho em equipe dos setores de projeto, compras e estoque através da busca pela resolução de problemas diante do cenário de Covid-19. Assim, vale ressaltar que empresas que se estruturam dentro das quatro etapas do ciclo PDCA saem na frente quando a questão é atingir objetivos e melhorar continuamente.

REFERÊNCIAS

[1] ALICKE, K.; AZCUE, X.; BARRIBAL, E. Recuperação da cadeia de suprimentos em tempos de coronavírus – planejar agora e para o futuro. Mckinsey, publicado em 18 de março de 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-recovery-in-coronavirus-times-plan-for-now-and-the-future/pt-br#>. Acesso em: 01 nov 2020.

[2] ALVES, Érika Andrade Castro. O PDCA como ferramenta de Gestão de Rotina. Congresso Nacional de Gestão e Excelência. LATEC/UFF, 2015.

[3] AMITRANO, Claudio; MAGALHÃES, Luís Carlos G. de; SILVA, Mauro Santos. Medidas de enfrentamento dos efeitos econômicos da Pandemia Covid-19: panorama internacional e análise dos casos dos Estados Unidos, do Reino Unido e da Espanha. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro: Ipea, 2020.

[4] BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: Transportes, Administração de Materiais, Distribuição Física. São Paulo: Atlas, 2015.

[5] BASTOS, Luisa Welter; WEISE, Andreas Dittmar; RABENSCHLAG, Denis Rasquin; STERTZ, Estefana da Silva. Análise de custos dos desperdícios na construção civil. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. João Pessoa, 2016.

[6] BRUM, G. D. Analysis of Budget Costs for a Semi-detached House Using Two Different Constructive Methods. Course Completion Work. Civil Engineering Course, Regional University of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Santa Rosa, 2018.

[7] CARRARO, C. L. Análise pós-obra de habitações de interesse social visando a identificação de manifestações patológicas. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2010.

[8] CARVALHO, Cibelle Machado; CARVALHO, Leonardo Machado. Análise de conteúdo como ferramenta para a construção da educação ambiental dos pecuaristas familiares do Alto Camaquã. Revista Monografias Ambientais. Santa Maria, v. 14, n. 2, mai - ago. 2015, p. 13–24.

[9] COSTA, W. J. V.; GONÇALVES, R. J.; SILVA, K. P. G.; TEIXEIRA, D. G. Processos produtivos na construção civil: otimização do processo de reboco de fachada em edificação. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2014.

[10] CRESWELL, John W. Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre abordagens. Tradução: Sandra Mallmann. 3. ed. Penso. Porto Alegre, 2014.

[11] CRISTOPHER, Martin. Logística gerencia na cadeia de suprimento: and supply chain management. Cengage learning. São Paulo, 2011.

[12] DIUAS, Samuel Campelo; SILVA, Lucélia Maria Carneiro da; NASCIMENTO, Laecio Guedes do; OLIVEIRA, Francisca das Chagas. Cenário da Construção Civil no Brasil durante a pandemia da COVID-19. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 8, p.58884-58903 aug. 2020.

[13] FAN, Y.; STEVENSON, M. A review of supply chain risk management: definition, theory, and research. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, v. 48, p. 205–230, 2018.

[14] FATEC, Revista. Revista de Logística da Fatec Carapicuíba. Ano 9, Número 1. Carapicuíba, 2018.

[15] FIKSEL, J. et al. From risk to resilience: Learning to deal with disruption. MIT Sloan Management Review, v. 56, n. 2, p. 79–86, 2015.

[16] GOMES FILHO, V.; GASPAROTTO, A. M. S. A importância do ciclo PDCA aplicado à produtividade da indústria no Brasil. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 383-392, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/660>. Acesso em: 17 nov 2020.

[17] GUEDES, Terezinha Aparecida; MARTINS, Ana Beatriz Tozzo; ACORSI, Clédina Regina Lonardan; JANEIRO, Vanderly. Estatística Descritiva. Projeto de Ensino. Universidade Federal de São Paulo, 2019.

[18] LEITE, Caio César Lemes; SOUZA, Reginaldo da Silva; SILVA, Sheldon William; PORTUAL JUNIOR, Pedro dos Santos; OLIVEIRA, Felipe Flausino de. A LOGÍSTICA E A GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: Um estudo de caso de uma empresa da região do Sul de Minas Gerais. UNIS-MG. XII SIMPOSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 676-688, jan./jul. 2017.

[19] MEDEIROS, João Bosco. Redação científica: prática de fichamento dos resumos e resenhas. 13. Ed. Atlas. São Paulo, 2019.

[20] MOBUSS, Construção. Entenda o ciclo PDCA e veja sua utilidade. Mobuss Consrução Blog/ Gerenciamento de Obras, 2015. Disponível em: https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/entenda-o-ciclo-pdca-e-veja-sua-utilidade/. Acesso em: 30 out 2020.

[21] PEREIRA, Alirio Caetano; SANTOS, Antônio Siqueira dos; CORREIA, Cleiton de Souza; ANDRADE, Maria Eusania Ribeiro de; ROCHA, Murilo Ribeiro de Souza. Estudo da cadeia de suprimentos empresa Bastily Cosméticos. Faculdade Nossa Senhora Aparecida. Aparecida de Goiânia, 2019.

[22] PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César de. Metodologia do trabalho científico (recurso eletrônico): métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Feevale. Novo Hamburgo, 2013.

[23] ROCHA, Gutemberg. Os impactos da pandemia da COVID-19 no comércio em geral. Migalhas, 2020. Disponível em: <https://migalhas.uol.com.br/depeso/322530/os-impactos-da-pandemia-da-covid-19-no-comercio-em-geral>. Acesso em: 14 nov 2020.

[24] SANTOS, Fabio dos. Qual a lição da pandemia Covid-19 para a cadeia de suprimentos global? Portal Administradores, publicado em 04 de junho de 2020. Acesso em 03 novembro 2020. Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/qual-a-li%C3%A7%C3%A3o-da-pandemia-covid19-para-a-cadeia-de-suprimentos-global>.

[25] SILVA, Ricardo Ramos da. Os efeitos da pandemia da COVID-19 na cadeia de suprimentos : um estudo de caso do setor supermercadista brasileiro sob a perspectiva de uma rede varejista. Dissertação (mestrado profissional MPGC) – Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2020.

[26] SOUZA, Luciene Albuquerque Sá de; ALMEIDA NETO, Odilon Carneiro de; CAVALCANTI, Wladimir Rocha (Orgs). Administrando saberes: volume 4[recurso eletrônico]. Cabedelo: Editora IESP, 2017. ISBN: 978-85-5597-007-8.

[27] YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Bookman. Porto Alegre, 2015.

[28] TABOSA, Alyson. Como gerenciar suprimentos na construção civil com eficiência. Sienge Plataforma, 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/como-gerenciar-suprimentos-na-construcao-civil/>. Acesso em: 05 nov 2020.

[29] ZANDAVALL, Carla; MELLO, Marta Inês Caldart de; SOUZA, Ana Clara Medina Menezes de; ANDREOLLA, Veruschka Rocha Medeiros; JUBINI, Gilberto Mazoco. O PDCA como ferramenta de apoio à implementação do planejamento estratégico em uma instituição de ensino. Revista GUAL, Florianópolis, v. 6, n. 4, p. 68-91, Edição Especial. 2013.

Capítulo 6

Bambu na construção civil: A sua contribuição para redução da geração de resíduos

Gerlaine Aparecida de Araújo Guedes
Moisés Vieira Alves Júnior
Sara dos Santos Santarém
Luciane Farias Ribas

Resumo: A quantidade de resíduos gerada pela indústria da construção civil é notável. O assunto tem se destacado com a discussão de questões ambientais, pois desperdiçar materiais significa desperdiçar recursos naturais. Isso coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões, uma vez que seus resíduos não são absorvidos pela natureza. O objetivo geral deste artigo é avaliar como o bambu pode ser usado na construção civil para reduzir ou eliminar a geração de resíduos, por meio de pesquisa bibliográfica, estabelecendo as suas características de biodegradabilidade. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica sistemática sobre o uso de bambu na construção civil. As aplicações foram avaliadas quanto à contribuição para a redução ou eliminação da geração de resíduos nas aplicações. Isso implica no uso sustentável de recursos renováveis ou em ações e estratégias para o desenvolvimento de construções que diminuem ou eliminem resíduos, fazendo crescer o uso de materiais biodegradáveis como o bambu. Constatou-se, que é viável o uso do bambu na construção civil pelas vantagens encontras na aplicação de uso e no descarte do mesmo, além de gerar empregos com a reciclagem e lucro ao vender seus rejeitos para outras empresas.

Palavras-Chave: Biodegradabilidade, resíduos, bambu.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e tecnológico da indústria construtiva tem gerado um expressivo número de rejeitos de suas obras e a consequência é um impacto ambiental de igual tamanho. Segundo Abrelpe (2017), a produção de rejeitos pela construção civil foi de 45 milhões de toneladas no ano de 2016, consequentemente, a incorporação de práticas de sustentabilidade nesse segmento é uma predisposição crescente no mundo. Isso significa que as construções para ganharem a condição de sustentáveis, devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas que possibilite os ganhos de incentivos e selos de parceiros sustentáveis, como o selo ecológico.

O bambu é encontrado em larga escala, além de ter forte resistência e tração. Sua funcionalidade em uma obra varia de razões estéticas a funcionais, além de econômico, sua utilização varia de portas, pisos, vedação, a ser utilizado como substituto do concreto armado, e todo resíduo ou sobra podem ser utilizados e reaproveitados em canteiros de plantas ou no próprio solo, fazendo possível a utilização de materiais biodegradáveis, como o bambu, nas mais diversas áreas da construção civil.

O intuito de construir sem aumentar a quantidade de entulho de obras é um caso discutido há anos por pesquisadores do mundo todo.

Apesar de o bambu ser uma tecnologia com muita credibilidade no ramo de construção civil, a pesquisa vem conscientizar, em nível macro, a importância da ação de se construir e projetar pensando na sustentabilidade posterior, sendo o início da mudança no campo construtivo e na conscientização dos profissionais, com a adesão no uso de materiais biodegradáveis para minimizar o alto nível de entulho ou sobra de obras.

O objetivo geral deste artigo é avaliar como o bambu pode ser usado na construção civil para reduzir ou eliminar a geração de resíduos, por meio de pesquisa bibliográfica, estabelecendo as suas características de biodegradabilidade.

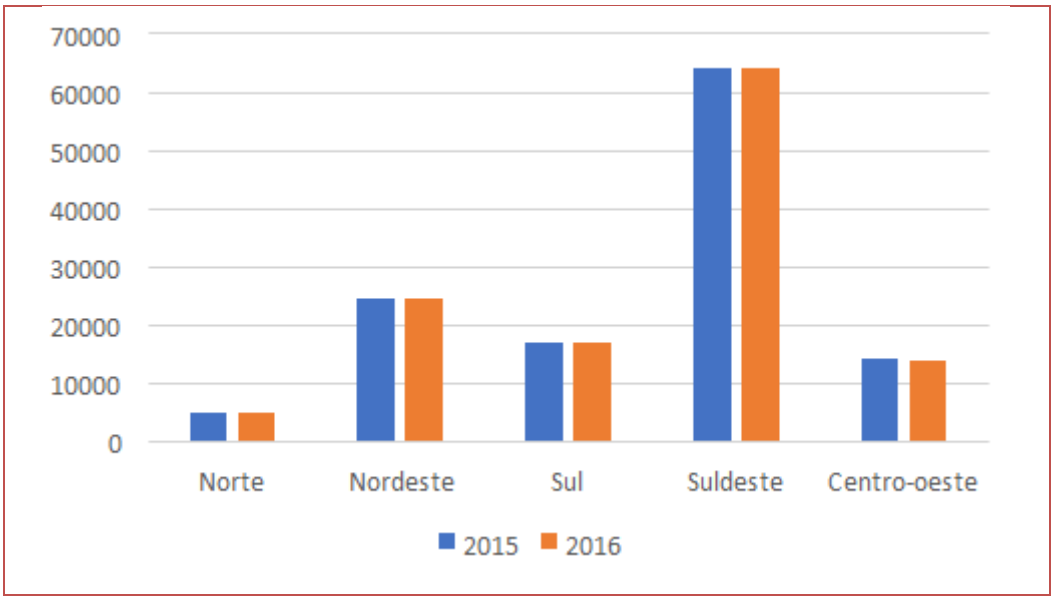
O artigo contextualiza sobre a problemática da geração de resíduos na construção civil. Apresenta também as medidas para a redução da geração desses resíduos. Aborda também sobre materiais biodegradáveis na construção civil destacando as características de biodegradabilidade do bambu.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2. 1 GERAÇÕES DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O maior desafio do ramo da engenharia civil seria considerar a possibilidade de diminuir o custo da obra e todos os impactos relacionados à produção de resíduos. Para VG Resíduos (2017) calcula-se que seja 40% mais econômico reciclar ou reutilizar materiais da construção civil, do que rejeitar os resíduos no devido local. Segundo Farias (2019), o Brasil, por exemplo, pode reciclar 98% dos resíduos criados na construção civil, mas só dá conta de 21%, a reutilização desse material desperdiçado pode contribuir para que não haja uma perda ainda maior ao ecossistema, como contaminação de mananciais e o acúmulo de entulhos em áreas verde. Para Brasileiro e Matos (2015), a construção civil é uma das grandes responsáveis por gerar uma grande porcentagem de resíduos como mostra tabela1, como sobras de materiais de construção, reformas e demolições que prejudicam o meio ambiente.

Tabela 1: Gráfico da quantidade dos resíduos gerados no Brasil por região



Fonte: ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2016.

O setor de construção civil é particularmente afetado com a questão dos resíduos, dada a quantidade e a diversidade de materiais que fazem parte da sua atividade, a Resolução do CONAMA 307 (2002), divide os resíduos da construção civil em classes A, B, C, e D em classificação de resíduos recicláveis a resíduos perigosos, visando o crescimento do segmento e a produção com o status sustentável, tem-se a necessidade de criar ou construir visando o meio ambiente e projetando o crescimento significativo de ideias e materiais biodegradáveis que possuam fatores sustentáveis, como é o caso do bambu e suas propriedades dentro da construção civil, afirma TATIBANA (2016).

Em tese, visualiza-se, que ao ser instituído a política nacional de resíduos sólidos, segundo Brasil (2010), a implantação dos objetivos em instigar o crescimento de sistemas de gestão ambiental. Na construção sustentável, podem-se buscar soluções em materiais biodegradáveis que não causam impactos ao meio ambiente e reduzem a produção de resíduos nas construções, dessa forma, a aplicação não só de materiais reutilizáveis de teor vegetal e de fácil produção natural, como o aproveitamento do entulho grosso da obra em cascalho ainda no canteiro de obras, são fatores positivos em um projeto de construção inteligente. Conforme Leite (2009), tentar minimizar ao máximo o teor de desperdício da obra, o maior consumo de materiais sustentável, o apresso em construir buscando uma responsabilidade social e o uso de produtos criados para minimizar os danos à sustentabilidade do planeta, é que o gerenciamento do projeto e o acompanhamento das atividades devem ser fiscalizados e cobrados pelo engenheiro da obra.

Sendo uma das atividades que gera um expressivo impacto no meio ambiente, seja na fabricação dos materiais a serem utilizados até o descarte dos rejeitos da obra, a construção civil vem revendo suas técnicas e impulsionando a tendência do material de construção sustentável ou biodegradável, buscando não impactar o meio ambiente de forma irreversível, tudo isso dentro de normas e parâmetros estabelecidos por lei, como, Lei nº 12.349/2010. Para Farias (2010) a solução de materiais sustentáveis vem se tornando uma forma de contribuir no equilíbrio do meio ambiente, sabe-se da importância econômica e social da indústria da construção no mundo, e a tendência é sempre crescer, buscando reduzir os danos ambientais, estudando os fatores que correspondem a maior quantidade de rejeitos e procurando soluções simples para essa questão, a produção de materiais de teor vegetal tem criado um grande impacto nas pesquisas relacionadas à criação desses materiais biodegradáveis e sua reutilização, seja durante a obra ou em processamento para fins orgânicos, conforme Leite (2009) refere-se a reutilização de resíduos.

A grande maioria das empresas de construções necessitariam de meios para implementar soluções adequadas, como recursos técnicos qualificados que conheçam as obrigações legais e que encontre os destinos adequados para cada tipo de resíduos, setor de compras que busque encontrar materiais vistoriados e sustentáveis a obra, além de induzir os colaboradores a não criação excessiva de material de forma a eliminar possíveis resíduos durante a obra.

2.1.1 MEDIDAS PARA A REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Dentro do panorama mundial o termo sustentabilidade tem ganhado notoriedade, mas sabe-se, que construção sustentável não é um modelo para resolver problemas pontuais, mas entendesse como uma forma de repensar a própria construção e tudo que a envolve. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2014) a esfera da construção civil tem papel indispensável para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável.

Muito se tem estudado sobre as causas, razões, agentes e fatores que possibilitam a existência dos rejeitos de obras. Muitos dos sistemas sustentáveis utilizados na construção civil estão vinculados a pesados processos industriais, em meio a esse processo que não é ecológico e que acabam ocasionando impactos consideráveis no meio ambiente, e por ser um processo financeiramente caro, reduzindo a grandes corporações civis, o uso de tais tecnologias é que se fazem necessárias pesquisas voltadas ao assunto, buscando encontrar formas, técnicas que reduza essa criação de resíduos antes, durante e após a edificação, vez que o ramo de construção é a atividade com o maior impacto ao meio ambiente, de acordo com (JOHN, 2000).

Conforme Tavares (2010), a atual discussão sobre a problemática ambiental é o reflexo vivenciado hoje pelo impacto ambiental ocasionando pela crise energética e do uso indiscriminado dos recursos naturais. Esse anseio em busca de reduzir a degradação do ecossistema, tem gerado uma constante procura por estratégias que proporcione um equilíbrio mútuo entre homem e ecossistema.

Os rejeitos quando não gerenciados, controlados e monitorados geram os impactos costumeiros de toda obra, e adotar medidas para a redução da geração desses resíduos é a prática que se torna vigente no campo construtivo, encontrando medidas e estratégias sustentáveis de otimizar, redução de desperdício, melhoria de processos, que contribuem para redução de custo e o avanço no controle dos resíduos.

Segundo Galbiati (2005) explica que uma das técnicas mais empregadas na redução da formação de resíduos é o emprego da política 5R's; repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar, esta possui um grande potencial para reduzir a criação de rejeitos, visto que é mais seguro e menos custoso prevenir do que controlar os impactos que podem ser gerados com os rejeitos de construção. Introduzir políticas e práticas de prevenção dentro do canteiro de obra para os colaboradores é tão eficaz quanto gastar com os materiais e técnicas sustentáveis, conforme a ISO 15392 (2008), no qual identifica e estabelece princípios gerais para a sustentabilidade na construção civil.

Uma técnica fundamental seria a separação dos resíduos. Uma prática com um teor alto de sucesso, uma vez separados a técnica de reciclagem desses materiais como vidros, metal, papel e plástico, pode transformá-los em outros produtos de reuso construtivo ou não, que diminuirá o volume de resíduos e poupará o uso de água e energia do canteiro de obras. Segundo Couto, Couto e Teixeira (2006, p. 05), "o uso de materiais reciclados irá encorajar indústrias e governos a investigar novas tecnologias para reciclar e para criar uma rede de suporte mais larga para futura reciclagem e reutilização".

Uma vez separado a reutilização dos resíduos e o descarte positivo dos materiais não degradáveis e o reuso dos mesmos ainda no canteiro de obras se dará conforme o sucesso da técnica aplicada vale ressaltar que os rejeitos grossos, os entulhos, como pedras, tijolos, concretos, tem seu reuso na pavimentação do canteiro, bloquetes ou calçadas.

A logística e gerenciamento do armazenamento errôneo são causas de desperdícios de matérias primas e de rejeitos criados pela falta de acompanhamento do processo. Para evitá-los existem recursos simples que podem ser adotado no dia a dia, como fornece treinamento de manejo e segregação de resíduos aos funcionários, fornece práticas de capacitação ao combate de desperdício de materiais, ter um layout de canteiro de obras definido para evitar perdas no transporte do depósito ao local de trabalho, armazenamento dos materiais de forma correta para evitar perdas, aderir ao máximo tudo que possa acarretar a diminuição dos rejeitos da obra (PEREIRA NETO 2007).

É de fundamental importância iniciar a obra com um projeto de gerenciamento de resíduos, além de reduzir seus custos finais com o recolhimento desses rejeitos, a obra estará dentro dos protocolos de fiscalização, sinalizando no canteiro de obras os locais de descarte de cada segmento de resíduos. Essa é uma técnica útil na eliminação rápida dos rejeitos, já que resíduos sólidos de classificação A, podem ser reutilizados na própria obra ou doados para associações que o reciclem, reduzindo custo e energia. Vale realçar que todo estudo voltado para o controle de desperdício de resíduos na construção civil é válido, uma iniciativa de manter o controle sobre os bens naturais do planeta, e maximizar uma indústria para o controle de recursos financeiro e tecnológico que contribua para o crescimento sustentável dentro do campo de atuação é uma ação notável, conforme (BARRETO, 2016).

2.2 MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme Cardoso (2014), o aumento do entulho da construção civil vem batendo recorde anualmente, com o intuito de reduzir essa escandalosa progressão dos rejeitos, inovações no ramo vêm se concretizando, como mostra a figura 1, seja na aquisição de materiais alternativos que buscam deixar seu canteiro de obras limpo, ou ganho com incentivos fiscais voltados para projetos sustentáveis, de um todo, materiais biodegradáveis tem uma colaboração positiva na tentativa de eliminar rejeitos de obras, como o bambu, que possui seu vasto uso dentro da construção civil, fugindo da área arquitetônica e aparecendo em armações, fundações e como reforço no concreto armado, Coutelle (2007), cita que, o ideal é gerar a menor quantidade de entulho e economizar no fim da obra.

Figura 1: Materiais biodegradáveis.

Fundação com Bambu.

Fonte: Marquez, 2007

Tijolo Ecológico

Fonte: Isabella Moretti, 2019

Telhado Verde

Fonte: www.tuacasa.com.br

Utilizar os vários modelos existentes de materiais biodegradáveis para reduzir ou até mesmo eliminar os rejeitos produzidos em obras de construções civis, visando preservar o ambiente circunvizinho da obra passou a ser bem visto.

A inevitabilidade de se repensar no consumo de materiais na construção civil, para torná-la mais sustentável também do ponto de vista ecossistêmico, atrai olhares para a exploração de novas alternativas para materiais ecológicos de baixo custo e com redução de energia em sua produção, minimizando a poluição, o entulho não reaproveitável e a manutenção de um ambiente saudável e que não favoreça a proliferação de doenças.

Segundo Pereira (2012) ser sustentável vai muito além do plantio de árvores e reciclagem de materiais, ser sustentável é ter uma visão crítica sobre o que o mundo oferece ao homem, e o uso desses bens naturais hoje e posteriormente em um formato que possibilite a criação de novas tecnologias.

Existem inúmeras maneiras de contribuir com o desenvolvimento dos materiais biodegradáveis, uma delas é com a escolha e o uso consciente dos materiais de construção. Conforme Galbiati (2005), a seleção desses materiais se torna uma etapa muito importante no projeto, pois sem um minucioso orçamento, pode comprometer os custos da construção. Mas sempre visando, em longo prazo, que eles exigem menos manutenção, podendo citar o uso de tijolos sustentáveis feitos com materiais recicláveis.

Existem materiais que possuem a versatilidade no meio ambiente. São os casos de certos materiais que não tem a necessidade de pôr em risco o desmatamento para colher recursos, como cita Ostapiv (2011) sobre o bambu e o eucalipto. A inovação dos materiais biodegradáveis na construção vem sendo mais estudado mundialmente pelo fato de não colocarem em perigo os biomas do planeta e sim amenizar a devastação que esses materiais podem fazer se não observados, como é o caso do tijolo REPLAST figura 2, que é um produto desenvolvido pela BYFUSION, que transforma o lixo plástico dos oceanos em blocos de construções, não produzindo tanto gás poluente que um bloco de concreto tradicional (PINHO 2018).

Figura 2: Tijolo feito com plástico dos oceanos.

FONTE: Instituto da construção, (2016).

Ultimamente vem crescendo a inovação por novos materiais na construção. O surgimento delas está sendo aceita de forma mais construtiva, tanto de novas tecnologias e técnicas modernas ou até mesmo nas mais tradicionais, potencializando cada vez mais o material nas construções. Um exemplo prático são as telhas de vidro, fabricadas com espessuras significativas e que não fogem da pegada sustentável ou as telhas ecológicas com fibras vegetais, o critério é colocar a praticidade e o melhor produto dentro do projeto inicial, calculando todas as variáveis que possam surgir e que contribuam para a perda excessiva desse material no canteiro ou no solo, conforme mostram as pesquisas de, DA GLORIA (2015).

Através da diminuição dos rejeitos de obras em andamento ou terminadas, que são encontradas e muitas das vezes eliminadas no meio ambiente, devido os córregos criados pelas chuvas torrenciais, materiais como resto de seixo, brita, madeira, ferros, vidros, argamassas, resíduos de serra ou lixo comuns descartados indevidamente por falta de sinalização e lixeiras apropriadas, ou até mesmo por descaso, são fatores que se pode reduzir apenas na seleção ou separação desses materiais. Ainda assim, podemos potencializar mais a reutilização, antes de priorizar a reciclagem e assim evitando grandes desperdícios e gastos excessivos com o descarte dos insumos de forma correta.

2.2.1 O BAMBU COMO MATERIAL BIODEGRADÁVEL

Material biodegradável é todo material que tem sua decomposição em semanas ou meses, possibilitando um teor mínimo de gases e de restos sólidos a natureza. Para torna a construção civil mais sustentável, pesquisadores miram na exploração de materiais ecológicos de baixo custo e com redução de energia em sua produção, como madeiras de reflorestamento, o bambu é um ótimo material, conforme Ferreira (2002), vez que atende as propostas de crescimento energético baixo assim como a poluição de gases, e um grande consumo de CO2 maior que o costumeiro, além de acarretar muitos ganhos dentro da engenharia civil com suas qualidades que chamam a atenção, entre tração, flexibilidade, tempo de vida útil e a vasta aplicação desse material, conforme (OLIVEIRA 2006).

Antes da utilização do bambu em obras de grande e médio porte, deve-se pesquisar a família a qual pertence, uma vez que sua espécie possui um vasto número de espécies e dessa forma sua variação em relação a seus fatores físico-químico varia além do melhor processo de tratamento, conforme Revista Árvore (2015). Segundo Cairo (2010), Bambus do gênero dendrocalamus, por exemplo, conhecido como bambu gigante, é mais aconselhável para aplicação estrutural, ou do gênero bambu da tecelã usado em móveis e corta-vento.

Ainda Oliveira (2006), o aumento na procura por matéria prima verde no mercado construtivo, no decorrer dos anos a madeira de reflorestamento ganhou maior visibilidade, vem crescendo e suas aplicações são variadas, é com essa margem de busca que o bambo tem ganhado espaço em canteiro de obras, sua flexibilidade e duração, vem colocando-o como madeira indispensável na construção e separação de cômodos, fabricação de caixas para recipientes de materiais, são exemplos desse material dentro do canteiro de obra, vale salientar que sua resina pós-corte pode ser reutilizada como nutriente no próprio solo.

De acordo com Pereira (2012), o bambu é uma planta de rápido crescimento, entre 6 a 9 anos, já é de conhecida dentro do ramo construtivo, o que seria viável é o emprego dela por não emitir tanto monóxido

de carbono como a fabricação do cimento que chega a 650 quilos a cada tonelada fabricada. O uso do bambu em casas populares seria muito bem difundido e com o seu uso, talvez diminuísse o preconceito com sua aplicação em residências como cita Freire, Beraldo (2003). Construir uma moradia popular usando o bambu como parede na separação dos cômodos ou na criação de móveis, causaria um grande impacto na proteção do meio ambiente, vez que a não procura de materiais não degradáveis diminuiria, assim com madeiras nativas e em proteção, além dos benefícios já argumentados, em prol da construtora, do cliente e do meio ambiente.

O manuseio do bambu na construção de itens como calhas, vigas, telhados e pilares são algo praticado há anos em países asiáticos, e essa técnica já se faz presente em muitos países, no Brasil essa técnica tem se atualizado diariamente e sua mão de obra se especializado com novas tecnologias. E a possibilidade de realizar as variadas formas de reutilizar esses rejeitos e resíduos produzidos pelo corte do material no decorrer da obra é indispensável na sua utilização, como expõe Pinto (2000), se a madeira de corte for separada dos outros materiais, sua porcentagem é alta em vista de algum processo produtivo, além da venda para outras empresas, podendo utilizá-los na fabricação de caixotes, palete ou suportes para fins diversos.

Uma das formas mais eficientes, conforme Dantas (2005), p.84, é utilizar as sobras do bambu em obras posteriores, assim seu custo de descarte seria zero e seu benefício para o meio ambiente seria mais alto que outros materiais industrializados, ainda podem-se ganhar vendendo seus rejeitos para centros de trituração que fazem a revenda para fabricantes de MDF, e seus resíduos menores ou o pó do bambu ainda pode ser utilizado em biomassa para reuso, ou ser queimada em fornos industriais, (RIBEIRO 2005, p. 103).

3 METODOLOGIA

A estrutura metodológica utilizada na elaboração deste trabalho: levantamento de dados, identificação das características do bambu, avaliação da biodegradabilidade. A seguir serão descritas cada uma dessas fases.

3.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS

Nesta fase foram feitas buscas na base de dados do Google School utilizando os termos: Bambu, Resíduos provenientes do bambu, bambu como material biodegradável. O critério de seleção foi baseado no número de citação, os artigos com maiores números de citações selecionados foram avaliados quanto à abordagem do tema sobre a aplicação do bambo na construção civil conforme ilustra a tabela 2.

Tabela 2: Ilustrativo numérico de pesquisas encontradas.

Termos	Quantidades
Bambu	151
Bambu como material Biodegradável	137
Resíduos provenientes do Bambu	5560

Fonte: Autores.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO BAMBU

Identificar as características do bambu que contribuem para a redução ou eliminação da geração de resíduos nas aplicações, por meio de análise de dados secundários, classificando-as como podem ser sustentáveis. Baseado nos artigos selecionados no item anterior foi realizado leituras nos artigos buscando identificar aplicações do bambu como alternativa para redução ou eliminação de resíduos. Foram identificadas aplicações diretas do bambu ainda na forma pura e ou por algum processo de beneficiamento. Essas aplicações foram ainda analisadas quanto à sustentabilidade.

3.3 AVALIAR AS CARACTERÍSTICAS BIODEGRADÁVEIS DO BAMBU

Avaliar as características de biodegradabilidade das aplicações com bambu, por meio de análise de dados secundários, identificando as aplicações mais sustentáveis. Para esta fase foram descritas as características de biodegradabilidade de um material. Em seguida estas características foram relacionadas com as aplicações do bambu encontradas nos artigos selecionados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS

Ao elaborar a referida pesquisa, foram explorados alguns artigos dentro de uma seleção feita com auxílio do Google School, com intuito de selecionar artigos científicos. Esses trabalhos foram selecionados conforme o critério de abordagem do uso do bambu como forma de diminuir ou eliminar rejeitos de construções civis. Foi conduzida dessa maneira, a 22 artigos focados na área de atuação da construção civil. Baseado no critério de seleção foi selecionado cinco artigos para o tópico, “Geração de resíduos na Construção Civil”; oito artigos para o tópico, “O bambu como material biodegradável”, quatro artigos para o tópico, “Materiais biodegradáveis na construção civil”, cinco artigos para o tópico, “Medidas para a redução da geração de resíduos”.

Desses cinco artigos para o tópico, “Geração de resíduos na Construção Civil”, os artigos davam o contexto que poderiam diminuir ou eliminar os rejeitos de construção civil. Os outros cinco artigos para o tópico, “Medidas para a redução da geração de resíduos”, apresentavam aplicações que efetivamente reduziam ou eliminavam resíduos na construção civil.

O Google School não utiliza de filtros em seu suporte de pesquisa, variando a busca no conceito vasto de estudos, como agronomia, biologia, arquitetura, engenharia, dificultando a busca ao tema na área de construção civil. Apesar de não ter opções de filtros para os artigos mais efetivos, os termos de busca utilizados permitiram encontrar artigos que abordavam o título.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO BAMBU

Dos cinco artigos selecionados para medidas de redução da geração de resíduos, apresentavam aplicações que efetivamente reduziam ou eliminavam resíduos na construção civil. Encontrou-se a aplicação do bambu na substituição da armação, não fazendo uso do ferro, vez que possui suas características físico-químicas idênticas ao ferro, assim a redução de rejeitos do ferro como lascas e restos de pós-corte de viga, metalon, armação, assim como o pó do minério diminuiu.

Encontrou-se a reutilização do bambu ainda no canteiro de obras como forma de drenagem de águas da chuva ou proveniente do trabalho diário, uma maneira de reaproveitar o material e deixar o canteiro de obras limpo.

Foi visto o uso do bambu como madeira de cercados e tapumes em obras, seus resíduos ou os materiais deteriorados podem vir a ser reaproveitados em carvoarias.

Relacionaram-se os rejeitos de bambu de obra e seu processamento em biomassa para reuso em chapas de bambu prensado, cerâmica e afins.

Observando que a reciclagem contribui para a limpeza do ambiente construtivo e é bem vista em relação ao meio ambiente e no contexto social, atribuiu-se como forma de redução de rejeitos de obras, a reciclagem dos materiais tanto de sobras como de demolições, diminuindo o impacto ambiental, gerando empregos e possibilitando a aplicação da renda obtida em outros locais da obra.

Com o estudo dos artigos relacionados de fato reduzem, porém, não eliminam todos os rejeitos da construção civil. Contudo, é muito favorável não só ao meio ambiente de forma sustentável, mas também proporcionando atividades remuneradas terceirizadas ao redor, conforme Galbiati (2005).

4.3 RELAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE BIODEGRADABILIDADES, MAS SUSTENTÁVEL.

Com isso foi possível estabelecer uma ordenação mais efetivamente sustentável, visto que, a biodegradabilidade originasse da degradação biológica de materiais orgânicos por organismos vivos até as substâncias básicas, como água, dióxido de carbono, metano, elementos básicos e biomassa, ou a

capacidade dos materiais de se desintegrarem pela ação de micro-organismos. As aplicações mais efetivamente sustentáveis com referência ao bambu seria seu reuso ainda no canteiro de obras em caixotes, escoras ou outras finalidades, pode-se utilizá-lo como biomassa vinda a ser reutilizado em vários outros processos como cerâmica, papelão, papel reciclável, ainda pode-se vender os rejeitos do bambu para carvoaria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo científico desse artigo, observou-se que o bambu é um material fácil de ser encontrado sendo que pouco usado na construção civil, além de possui um grande potencial para reduzir ou eliminar a geração de resíduos acumulados em canteiros de obras com múltiplas formas de aplicabilidades.

O referido trabalho explicita não só o uso de boas práticas, ao comprar de fornecedores credenciados os seus materiais, como durante a execução do reaproveitamento, ou na seleção dos rejeitos para reaproveitamento e processamento dos materiais de forma sustentável. Sendo assim a pesquisa cumpriu como o objetivo ao demonstrar que a forma correta de descarte é em aterros credenciados, deixando o proprietário e a construtora com a responsabilidade dos seus rejeitos após a saída deles da obra. Apresentou ainda, alternativa de reaproveitamento e tecnologias de reuso dos materiais dentro do canteiro de obras até o uso final dos materiais.

Considera-se ainda, que o resultado da aplicabilidade do bambu na construção civil é de grande valor ambiental na execução de obras, proporcionando a redução de rejeitos em construções e promovendo aplicações de materiais alternativos e biodegradáveis como ferramenta de reutilização ou de processos de reciclagens.

Portanto confirma-se a real necessidade do comprometimento de organizações políticas, científicas e sociais para entendimento mútuo ao uso de materiais rejeitados em obras.

É crucial ainda que a engenharia civil desenvolva tecnologias de forma mais sustentável, tendo em vista o grande impacto ambiental que esta causa na sociedade. Uma vez que todos os anos o seu percentual diverge de país para país, todavia o montante final de entulho é sempre o fator impactante na receita política e social.

E que buscas não cessem o avanço tecnológico, seja esse em pesquisas científicas ou no campo direto de atuação. Contudo, ainda se pode vislumbrar o quão nobre é a prática do uso de ética, mantendo os bons costumes ao projetar e orçamentar a obra, incentivando de forma individual e coletiva o comprometimento com as interações que regem as relações ecológicas, sociais, econômicas, biológicas e humanas.

REFERÊNCIAS

[1] ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017. Disponível em:

[2] https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wpcontent/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf. Acesso em: 17/11/2020.

[3] ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2016. Disponível em: <http://scientiaamazonia.org/wp-content/uploads/2018/11/v.-8-n.1-E1-E13-2019.pdf> Acesso: 20/11/2020.

[4] ABRECON. Resíduos da construção e demolição geração de empregos. Disponível em <https://abrecon.org.br/residuos-da-construcao-e-demolicao-geracao-de-emprego-e-renda/> Acesso: 16/11/2020.

[5] ALMEIDA, Ricardo Ricelli Pereira et al. Identificação e análise dos impactos ambientais gerados na indústria da construção civil. Informativo Técnico do Semiárido, v. 9, n. 1, p. 3946, 2015.

[6] BARBOSA, A. M. Compósitos poliméricos com resíduo de açaí para mitigação de efeitos térmicos como estratégias eco-alternativas em habitações na amazônia. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Manaus - AM, 2016. Acesso em: 17/11/2020.

[7] BARRETO, Onésima Aguiar Campos. Resíduos da construção civil no município de Palmas- Tocantins: proposição de um modelo de boas práticas de manejo. 2016.

[8] BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível

em: Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 13 nov. 2020.

[9] BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, v.61, n. 358, p. 178-189, 2015.

[10] CAEIRO, J.G.B.M., construções em bambu. Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitetura, Lisboa, 2010.

[11] CARDOSO, Afrodite da Conceição Fabiana; GALATTO, Sergio Luis; GUADAGNIN, Mario Ricardo. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), n. 31, p. 1-10, 2014.

[12] CARNEIRO, A.; Brum, I.; Silva, J. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvado: Editora EDUF-BA, Edição CEF, 2001.

[13] COUTELLE,José Eduardo. O uso da reciclagem na construção civil. Disponível em: <http://recicla.wordpress.com/2007/11/29/o-uso-da-reciclagem-na-construcaocivil/>Acesso:19/05/20.

[14] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

[15] COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J. C. Desconstrução: uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. Anais do VI Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projecto na Construção de Edifícios - NUTAU, São Paulo, 2006. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf. Acesso em: 25 fev. 2019

[16] DANTAS, A.B. et al. O uso do bambu na construção do desenvolvimento sustentável. Instituto do Bambu. Maceió. Instituto do Bambu, 2005. 84p.

[17] FARIAS, VIVIAN. Brasil pode reciclar 98% dos resíduos da construção civil, mas só consegue dar conta de 21%. 2019. Disponível: <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/sustentabilidade/brasil-pode-reciclar-98-dosresiduos-da-construcao-civil-mas-so-consegue-dar-conta-de-21/> Acesso:07/11/2020.

[18] FREIRE, W. J. ; BERALDO, A. L. Tecnologias e materiais alternativos de construção. Editora UNICAMP, Campinas, 2003.

[19] FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos et al. Vigas de concreto armadas com bambu. 2002.

[20] FERNANDES, G. D, Desenvolvimento técnico e avaliação de custo e benefício do sistema construtivo de painéis sanduíche, com núcleo de garrafas pet, moldados no local. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Goiás. Goiania, 2016.

[21] GALBIATI, Adriana Farina. O gerenciamento integrado de resíduos sólidos e a reciclagem. São Paulo, 2012.

[22] GLORIA, M. Y. R. Desenvolvimento e caracterizacao de painéis sanduíche de concreto com núcleo leve e faces em laminados reforçados com fibras longas de sisal. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro-PEC/COPPE/UFRJ, Rio de janeiro, 2015.

[23] INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Conheça os blocos para construção civil sustentável, feitos com lixo plástico dos oceanos. 2016. Disponivel: <https://www.institutodaconstrucao.com.br/blog/conheca-os-blocos-para-construcao-civilsustentaveis-feitos-com-lixo-plastico-dos-oceanos/> Acesso: 18/11/2020.

[24] JOHN, Wanderley M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2002.113 f. Tese de (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

[25] LEITE, P. R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. 2. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 240 p

[26] MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. Cidades sustentáveis. Disponível: https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorialurbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html acesso: 17/11/2020

[27] ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMATIZAÇÃO. ISSO/TC59/SC17 Sustentabilidade em Edificios e Obras de Engenharia Civil. 2008. Disponível: <https://www.iso.org/standard/40432.html>

[28] OLIVEIRA, Thaisa Francis César Sampaio de. Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil. 2006. Dissertação de Mestrado.

[29] OSTAPIV, Fabiano. Resistência mecânica do material compósito: madeira de eucalipto-lâmina de bambu. 2011.

[30] PINTO, T. de P. Resultados da gestão diferenciada. Revista de Tecnologia da Construção – Tèchne, ano 5, nº 31, p. 31 -34, 2000.

[31] PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. Projeto bambu introdução de espécies, manejo caracterização e aplicações 2012.200 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/106710 >. Acesso:14/04/20.

[32] PEREIRA NETO, J. T.; Manual de compostagem: processo de baixo custo. UFV.2007. PINHO, Manuela Martins. Do resíduo a recurso: Reciclagem/reutilização de materiais não biodegradáveis em arquitectura. 2018.

[33] RIBEIRO, A.S. Carvão de bambu como fonte energética e outras aplicações. Instituto do Bambu. Maceió. Instituto do Bambu, 2005. p.100-109.

[34] SOUZA, Adriene Pereira Cobra Costa. Bambu na habitação de interesse social no Brasil. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v. 11, n. 12, 2004.

[35] TATIBANA, Ronaldo Massaharu; DOS REIS, Marcel Pereira; BIANCHI, Gislaine. BAMBU COMO MATÉRIA-PRIMA PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 4, n. 10, 2016.

[36] TIBURTINO, Rogy Frigeri et al. Resistência de duas espécies de bambu tratadas contra fungos xilófagos. Revista Árvore, v. 39, n. 3, p. 567-574, 2015.

[37] VINAGRE, EMILI. Bambu é a Alternativa Ecológica Para a Construção Civil. 2012. encontrado:<https://www.dw.com/pt-br/bambu-%C3%A9-alternativa ecol%C3%B3gicapara-a-constru%C3%A7%C3%A3o-civil/a-16135514>Acesso: 07/11/2020

[38] VGRESÍDUOS. Resíduos da construção civil: construindo valores de sustentabilidade. 2017.

Capítulo 7

Re-impermeabilização de reservatório elevado Manaus/AM

Isabelle Souto Semenoff
Renata Araújo Ferreira
Sara dos Santos Santarém
Frank Albert Araújo

Resumo: Este trabalho tem por objetivo explicitar e demonstrar as consequências da ausência de manutenção na impermeabilização de reservatório elevado. Entende-se que a boa execução do processo de preparo e o controle dos componentes do concreto (até o término de sua cura), em conjunto com o sistema de impermeabilização, podem garantir a maior durabilidade às edificações. As experiências em campo, assim como os estudos que tratam sobre o tema, revelaram um número considerável de edificações na cidade de Manaus/AM com problemas de patologias em decorrência da ausência de manutenção preditiva e preventiva, conduzindo posteriormente essas edificações à necessidade de uma manutenção corretiva. A partir de visitas em campo, pôde-se constatar as deficiências no concreto geradas pela deterioração do concreto dada a falta de manutenção preventiva para a conservação do reservatório. A partir desse entendimento técnico foi possível identificar as falhas produzidas e as consequências acarretadas a partir delas, assim como foi desenvolvido um projeto para sanar tais problemas, utilizando métodos mais novos e tecnologia mais avançada. Optou-se, assim, pelo sistema de impermeabilização através de aditivos cristalizantes, por entender que este permite melhoria e maior durabilidade às edificações.

Palavras-chave: 1. Durabilidade; 2. Impermeabilização; 3. Patologias; 4. Manutenção.

1 INTRODUÇÃO

A falta de manutenção do concreto afeta severamente a durabilidade de edifícios, podendo gerar graves consequências, desde de infiltrações que podem ocasionar vazamentos, até a deterioração das argamassas e concreto, responsáveis muitas vezes por problemas na armadura do concreto, conforme indicam os diferentes estudos utilizados neste artigo. Embora esses problemas não se manifestem rapidamente, após anos de displicência, essas deficiências podem causar grandes estragos.

O reservatório é feito de concreto armado, um elemento estrutural que começou a ser utilizado no Brasil a partir da década de 1920 e já se usava em diversos outros países (BUNDER, 2016). A grande demanda do concreto tem como justificativa a redução de custos envolvidos na sua produção devido aos seus materiais constituintes. O concreto tem em sua composição propriedades de alta resistência, durabilidade, resistência à água, possuindo um custo de manutenção e execução bem inferior a outros materiais.

Apesar disso, alguns problemas podem ocorrer, caso não se desenvolva um sistema adequado de impermeabilização, uma vez que esse processo influencia diretamente na durabilidade do concreto e do sistema construtivo em geral. De acordo com a ABNT 9575:2010(2010) a impermeabilização é a grande responsável por impedir ou retardar significativamente os agentes deteriorantes, pois evita que a água e a umidade atinjam a edificação evitando assim o surgimento de manifestações patológicas, atuando no sentido de complementar e auxiliar na durabilidade e no bom desempenho da vida útil do projeto, conforme veremos mais detalhadamente nas linhas que seguem.

São vários os sistemas de impermeabilização: os mais conhecidos são os derivados de petróleo, e os mais novos – com tecnologia mais avançada –, são os aditivos, componentes químicos capazes de alterar a propriedade do composto em que foi adicionado. Esse processo é denominado de "sistema" devido à possibilidade de utilização de mais de um método impermeabilizante em sua composição. Os métodos mais novos são tão efetivos quanto os tradicionais e são mais recomendáveis em certos casos, como acontece com os reservatórios elevados que abordamos neste trabalho. Porém, apesar de sua tecnologia avançada e o controle tecnológico, é de suma importância que se priorize o desenvolvimento de projetos e sua manutenção contínua e periódica.

O principal objetivo desse artigo é destacar a importância da implementação do sistema de impermeabilização em todo seu processo, desde seu planejamento até a sua execução. Foi empreendido estudo de caso em um edifício residencial na cidade de Manaus, com visita *in loco* acompanhada por profissionais experientes no setor de impermeabilização, quando foi possível avaliar e detectar as alterações sofridas no decorrer dos 30 anos de uso do edifício, sem que este tenha sido submetido à devida manutenção. Entende-se que se esse processo for executado com alta qualidade desde o início, com a escolha de grãos mais finos em sua execução, esse conjunto de ações é capaz de impedir o aumento da porcentagem de poros no concreto e, por consequência, pode auxiliar efetivamente na durabilidade do concreto, aumentando o tempo de vida útil da edificação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ATUAÇÃO DO CONCRETO

O concreto durante muitos anos ganhou a fama de ter durabilidade vitalícia, mas com o passar dos tempos foram descobertas alterações em suas propriedades físicas, químicas. Passou-se a entender que as características de seus componentes, em conjunto com as condicionantes do meio ambiente, causam reações que comprometem o desempenho da estrutura. Para Souza e Ripper (1998, p.18), cada estrutura tem o seu grau de função transformada chegando a atingir resultados inferiores por conta da exposição à deterioração. Muitos erros têm origem já no projeto e momento da execução, de modo que a função da estrutura é iniciada já com resultados inferiores, ao passo que outras estruturas têm suas funções de vida útil desempenhando bom resultado.

A qualidade do concreto está diretamente relacionada à qualidade de seus materiais componentes, conforme Silva e Liborio (2003) , e à forma como o processo de composição é executado. Caso os componentes não estejam de acordo com as normas pertinentes, há grande probabilidade de os agentes da deterioração entrarem em ação no sistema estrutural. Cada material reage de uma forma particular aos agentes externos aos quais é exposto.

2.2. CRITÉRIOS BÁSICOS PARA O CONCRETO

A NBR 12655 (2015, p. 15) estabelece que a preparação da composição do concreto e a escolha dos materiais devem ser feitas considerando as normas da ABNT, além de indicar a realização de uma análise criteriosa da boa qualidade dos materiais. No processo de composição do concreto é necessário que seja feita a mistura, para evitar a separação dos componentes, observando-se a importância de todas as etapas, desde a mistura até o adensamento.

Segundo a NBR 12655 (2015, p. 20), a seleção dos componentes que fazem parte da composição do concreto deve ser feita fisicamente, no momento de recebimento na usina ou na obra, assim como no processo de dosagem. Todos os componentes devem receber a devida identificação: data e grupos de origem, para controle de armazenamento. Os dados dos componentes devem ser arquivados por um período de 5(cinco) anos.

2.3. DURABILIDADE

De acordo com NBR: 15575-1(2015 p.7), durabilidade é a ‘‘capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”. Para Bolina, Tutikian e Helene (2019, p.25), a durabilidade do concreto tem como uns dos resultados a resistência mecânica. A relação água-cimento é de fundamental importância para uma melhor função do concreto e para a quantidade de ligante, elemento básico, responsável pelas características do concreto. De acordo com o preparo da dosagem, a vida útil do concreto pode aumentar.

O conhecimento da durabilidade e da vida útil dos materiais, assim como dos sistemas em geral, é importante para o desempenho das edificações ao longo de sua trabalhabilidade e para a prevenção e identificação precoce das manifestações patológicas nas edificações, resultando em redução de custos e sustentabilidade, segundo Para Bolina, Tutikian e Helene (2019)

2.4. IMPERMEABILIZAÇÃO

Conforme Souza e Ripper (1998) ressalta que durante o período de vida útil da edificação ocorre o surgimento de diversas anomalias de origem tanto do envelhecimento natural ou por eventuais acidentes causados durante o uso. Ao longo do tempo foram surgindo várias falhas nos sistemas construtivos das edificações que foram denominados de “patologias”. Muitas delas decorrentes da ausência de impermeabilização no sistema construtivo, ocasionando vários transtornos – dentre eles o atraso da obra. Como consequência dessas falhas, surgem as patologias, tais como: corrosão da armadura (baixando a resistência do concreto), eflorescência, degradação dos concretos, surgimento de bolhas na pintura, descolamento de piso, fissuração do concreto, falhas nas juntas de dilatação e etc. Problemas esses que vão se agravando na medida em que não são tratados adequadamente ou por falta de profilaxia, gerando, ao fim das contas, um aumento nos custos e levando a edificação a uma manutenção corretiva para recuperar o desempenho de suas funções que foram atribuídas em projeto. A partir da publicação da Norma de Desempenho NBR 15.575:2013, inclusive, passou-se a exigir das construtoras maior qualidade na execução dos serviços, com a finalidade de garantir uma maior durabilidade da vida útil das edificações.

Segundo Silva (2019) a impermeabilização é de fundamental importância para preservação das edificações na construção civil e para a integridade física do usuário, prevenindo a insalubridade do ambiente. A escolha do sistema de impermeabilização mais adequada para cada tipo de construção está associada a vários fatores, tais como a forma da estrutura, movimentação admissível no cálculo da mesma, temperatura e umidade relativas locais, efeitos arquitetônicos que se deseja obter.

Uma das características dos materiais de construções é sua permeabilidade, por isso se torna indispensável à impermeabilização que opere como uma barreira de proteção nas edificações. Conforme indica a NBR 9575 (2010: p.6), a “impermeabilização é conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e de umidade”.

De acordo com a NBR 12655:2015 (2015), considerando as características do concreto e suas propriedades, se não houver um manuseio de armazenamento e controle de execução do concreto adequados, em conjunto com uma correta impermeabilização no sistema construtivo, haverá o comprometimento da durabilidade e da vida útil do projeto.

O sistema de impermeabilização tem um percentual inicial de 1% a 3% do custo total da obra, segundo Bauer, Vasconcelos e Granato (2017). Porém, se não obtiver um plano de manutenção bem definido e seguido a rigor, os custos para conserto podem ser maiores do que 10% do custo total. Buscando sanar esses problemas, existe uma gama de impermeabilizantes, cada qual com características e limitantes. Dessa forma, o engenheiro pode escolher o mais adaptável ao projeto definido, levando em consideração custo e disponibilidade de mão de obra e material. E a norma define e classifica os tipos seguindo o principal componente, conforme se especifica no quadro abaixo.

Quadro 01: Classificação dos tipos de impermeabilizantes, de acordo com o principal componente químico.

Cimentício	Argamassa com aditivo impermeabilizante; Argamassa modificada com polímero; Argamassa polimérica; Cimento modificado com polímero.
Asfálticos	Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero; Membrana de asfalto elastomérico; Membrana de emulsão asfáltica; Membrana de asfalto elastomérico, em solução; Manta asfáltica.
Poliméricos	Membrana elastoméricas; Membrana de poliuretano; Membrana de poliuréia; Membrana acrílica; Manta de acetato de etilvinila (E.V.A); Manta de policloreto de vinila (P.V.C); Manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D); Mantas elastoméricas

Fonte: (NBR 9575, 2010).

A NBR 9575:2010(2010), define ainda o tipo seguindo o propósito da impermeabilização, ou seja, segundo a solicitação ou demanda imposta pelo fluido e nas localidades solicitantes de estanqueidade, sendo definidas por:

- Imposta pela água de percolação;
- Imposta pela água de condensação;
- Imposta pela umidade do solo;
- Imposta pelo fluido sob pressão unilateral e bilateral.

De acordo Figueiredo, Rinaldi e Abi-Ackel (2017), o aumento na diversidade de impermeabilizantes auxiliam o projetista uma melhor análise e maior flexibilidade no projeto, ficando dependente apenas das características próprias da obra. Apesar disto um dos pontos fracos é a falta de mão de obra técnica qualificada no país, levando a escolhas mais diversificadas, como a escolha de aditivos ao próprio concreto para alcançar o objetivo final, a impermeabilização da área.

2.5. ADITIVOS REDUTORES DE PERMEABILIDADE POR CRISTALIZAÇÃO

De acordo com o ACI (2011), concreto é um material poroso que permite a penetração da água em seus poros por meio de absorção capilar. Em alguns casos a durabilidade do concreto é reduzida devido a porosidade exacerbada, proveniente de fatores externos, como a cura incompleta do concreto. Por este motivo os aditivos começaram a ser aceitos em consideração ao aumento da durabilidade e do controle da permeabilização.

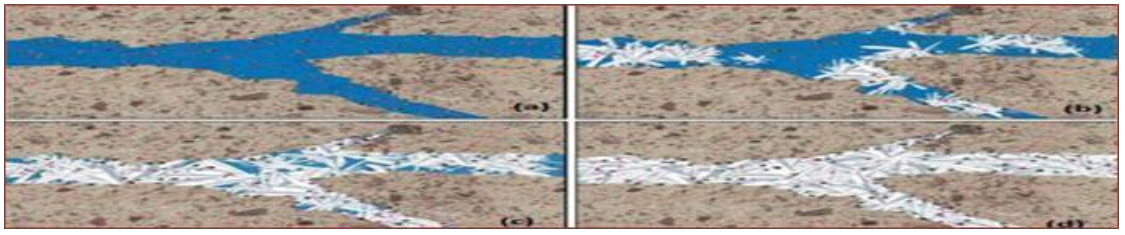
Geralmente os aditivos impermeabilizantes incluem em sua composição química:

- Materiais hidrofóbicos é o maior componente químico responsável por repelir a água para fora dos poros, porém não reduz ou fecha os poros, eles permitem que os poros continuem abertos;
- Inclui materiais sólidos finamente divididos, permitindo assim o aumento da densidade do composto, diminuindo dessa forma a passagem da água nos poros;
- . A cicatrização autógena está associada às propriedades de composição física e/ou química da matriz cimentícia. Pode ser atribuída principalmente a dois mecanismos: (1) hidratação contínua de partículas de cimento não hidratadas e a (2) dissolução e subsequente carbonatação do hidróxido de cálcio (CaOH.2)

O processo de impermeabilização por aditivos cristalizantes acontece por fases. Conforme William S. Phelan destaca na ACI (2010) no estágio inicial ocorre as reações entre água e componente químico, em seguida, os poros que contêm umidade ou componentes de hidratação do cimento ativam os aditivos cristalizantes, iniciando a criação dos cristais. Os cristais ficam inativos após a reação, retornando a estar ativo apenas com a presença de água ou umidade.

A imagem 1 ilustra como o aditivo cristalizante fica inerte sem a presença de água, mas havendo esse contato ou mesmo se for afetado pela umidade, o aditivo cristalizante é ativado de modo que os cristais vão ocupando gradativamente as microfissuras, como vemos na sequência de imagens. O aumento do número de cristais repercute, por consequência, no aumento da barreira e da capacidade impermeabilizante e durabilidade ao longo do tempo. William S. Phelan destaca na ACI (2010) que os aditivos cristalizantes a longo prazo podem reduzir em até 70% da permeabilização, conforme podemos ver no quadro abaixo.

Imagem 1. Processo de cristalização



Fonte: MCBauchemie

No quadro 02 de acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019, p. 106) explicam que a umidade relativa do ar contribui para o transporte dos agentes agressivos através dos poros, na medida em que esses invasores são levados por meio de percolação para dentro do concreto, fazendo com que haja a deterioração da armadura por meio da corrosão do aço. A impermeabilização torna-se um fator importante na proteção das estruturas cujo ambiente tenha um percentual de umidade relativa do ar elevado, garantindo uma maior durabilidade da estrutura e a redução de custos.

Quadro 02: Redução da permeabilidade no concreto segundo o componente aditivado

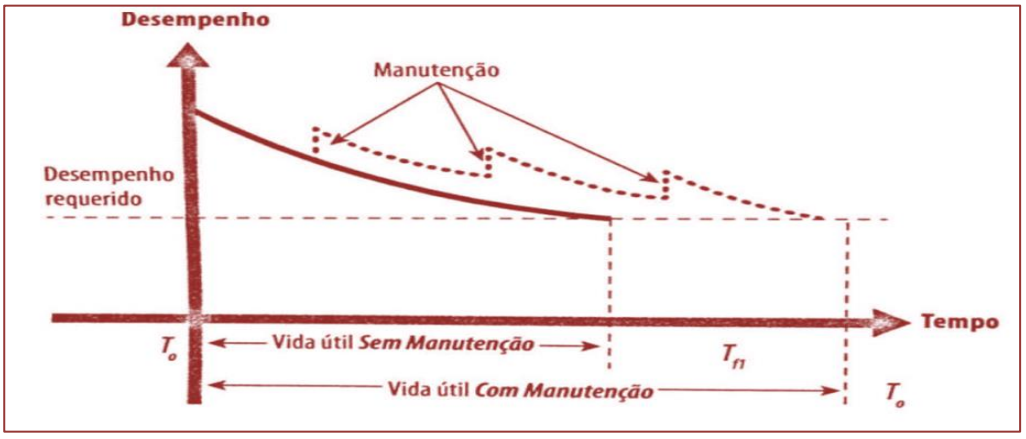
Tipo de aditivo	Coeficiente de permeabilidade referente ao concreto	Coeficiente de permeabilidade referente ao teste concreto	Percentual de redução na permeabilidade
Cristalizantes	4,29 x 10-14	1,28 x 10-14	70
Sílica Coloidal	1,98 x 10-13	1,61 x 10-13	19
Hidrofóbicos	3,23 x 10-12	1,14 x 10-12	49

Fonte: ACI, 2010. Adaptado.

2.6. MANUTENÇÃO

A manutenção é um processo importante para a conservação e proteção de uma edificação. Segundo a NBR 5674 (2012: p.2), para maior garantia de durabilidade da estrutura e segurança física dos usuários, deve ser produzido um cronograma de atividades a serem executadas com o objetivo de monitorar a edificação no seu período de vida útil e garantir a defesa contra os agentes de deterioração.

Imagem 2: Modelo de recuperação do desempenho por ações de manutenção



Fonte: NBR 15575-1.

Para Bolina, Tutikian e Helene (2019, p.53), a manutenção deve ser realizada periodicamente ao longo da vida útil da edificação, pois é este procedimento que irá evitar falhas e proporcionar a qualidade de suas funções. O sistema de manutenção garante durabilidade do sistema construtivo, preservando o bom funcionamento de seus componentes ao longo da vida útil estipulado em projeto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

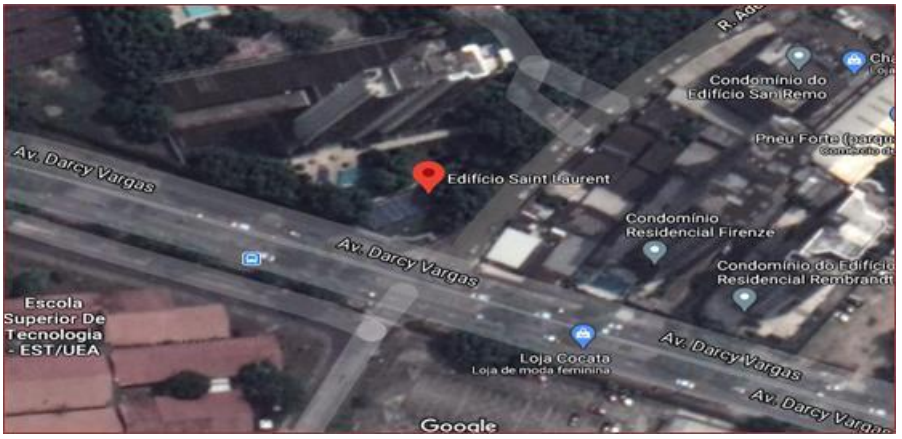
Este artigo foi realizado a partir do estudo de caso, pois é a partir do estudo de caso que se pode assimilar as ocorrências pontuais e individuais. De acordo com Yin (2001) o estudo de caso é uma técnica de pesquisa que engloba tudo em procedimentos específicos com coletas investigação, análise e compreensão dos dados. O caso em questão ocorre em um edifício residencial na cidade de Manaus em outubro do ano de 2020, com visita in loco acompanhada por profissionais experientes no setor de impermeabilização. Baseando-se no referencial teórico e diante do quadro encontrado, foi possível identificar os fatores problemáticos e as soluções viáveis cabíveis.

Após o levantamento no reservatório suspenso, juntamente com a análise profissional, constatou-se que a falta de manutenção no reservatório foi a responsável por diversas patologias na estrutura, causando infiltrações, vazamentos e corrosões, conforme já indicavam as leituras que tratam do tema.

3.1. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso sobre re-impermeabilização de reservatório elevado foi realizado em edifício residencial localizado na cidade de Manaus – AM. Abaixo segue imagem que pode ilustrar a localização da edificação estudada. A figura 3 mostra a localização do edifício onde está sendo executada a obra de re-impermeabilização de reservatório. Houve a necessidade desse procedimento por que, apesar de estar em uso há 30 anos, nunca houve acompanhamento periódico de manutenção durante o período de uso.

Figura 3. Localização do edifício Saint Laurent



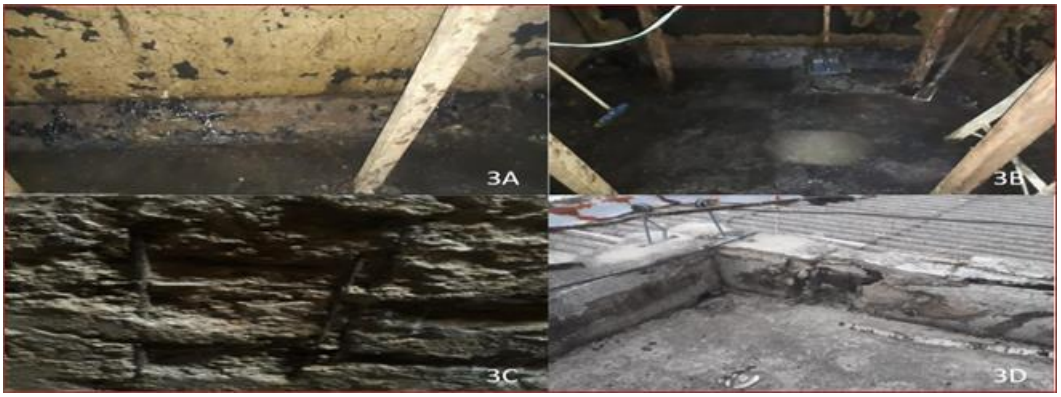
Fonte: Google.maps

O local de estudo é o edifício que foi inaugurado em 1990, está localizado Av. Darcy Vargas, 315 - Parque 10 de Novembro, Manaus - AM, 69055-710.

3.2. LOCAIS AFETADOS

Com aparecimento das patologias nos apartamentos, a apreensão dos condôminos conduziu-os à busca de profissional especializado para a solução dos problemas. A partir disso, a empresa habilitada foi contatada para fazer a vistoria, projeto e execução da impermeabilização do reservatório. De acordo de com a vistoria foram identificadas as seguintes patologias, como mostra as imagens 3A, 3B, 3C, 3D:

Imagem 4: Patologias encontradas na visita *in loco*



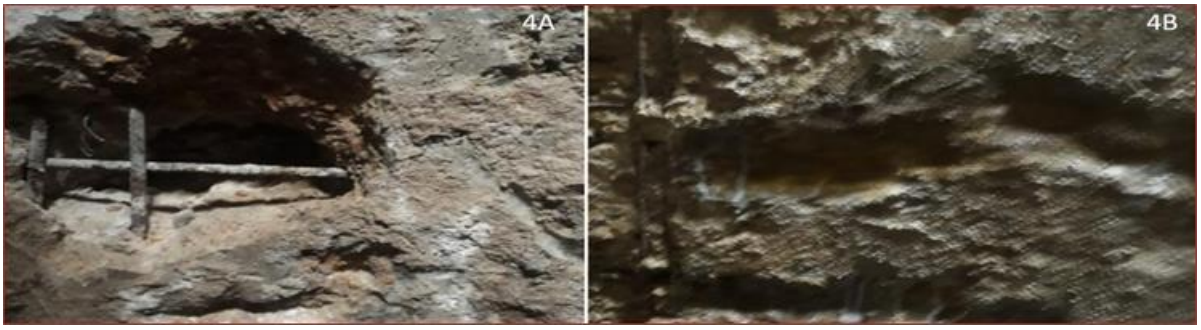
Fonte: Empresa AMTECH

Na imagem 4 mostra na 3A é possível identificar o descolamento da placa de manta asfáltica, já na imagem 3B destaca-se a área com falhas no concreto e na impermeabilização. Pode-se também observar na imagem 3C a armadura exposta, com concreto segregado e em processo de deterioração, devido a agentes de carbonatação. Por fim, na imagem 3D observa-se a estrutura exposta a intempéries em estado de deterioração, por conta do acesso e ação dos agentes agressivos no concreto.

A partir da constatação das anomalias é necessário a investigação de suas causas. De acordo com a verificação técnica e quebra do concreto, foi possível identificar a origem das patologias. Foi detectada a deterioração do concreto e corrosão da estrutura decorrente da ausência da manutenção preditiva e preventiva, havendo a necessidade de manutenção corretiva.

A imagem 5 na 4A e 4B, nos mostram o que Bolina,Tutikian e Helene (2019, p. 81) falam sobre procedimento de dilatação do concreto (imagem 3D) e segregação, responsáveis por deixar a armadura desprotegida e sucessível ao ataque de agentes nocivos. Na imagem 4A, observa-se o fenômeno da lixiviação por meio da eflorescência de coloração esbranquiçada ou estalactites. Elas aparecem devido à precipitação do carbonato de cálcio na superfície do concreto.

Imagem 5: Carbonatação do concreto e Lixiviação na estrutura



Fonte: Empresa AMTECH.

3.3. PLANEJAMENTO DA OBRA DE RE-IMPEMEABILIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Fundamentado no estudo preliminar e na inspeção do reservatório, o profissional contratado decidiu pela retirada do sistema de impermeabilização existente e do concreto deteriorado com baixa de resistência, optando por outra técnica de impermeabilização, através de aditivos cristalizantes.

Quadro 03: Etapas do Processo

Projetos	Estudo Preliminar Projeto básico de Impermeabilização Projeto Executivo de Impermeabilização
Serviços Preliminares	Retirada da impermeabilização existente Retirada do concreto danificado e de baixa resistência Retirada do entulho
Execução dos Serviços	Rehabilitação estrutural Concretagem com aditivo redutor de permeabilidade por cristalização. Teste de estanqueidade por 72 horas
Encerramento	Entrega da obra

Fonte: Elaborado pelas autoras

3.5. MÉTODOS DE EXECUÇÃO

Após a aprovação do projeto executivo pelo condomínio, executaram-se os procedimentos. Começando pela retirada de toda a impermeabilização da manta asfáltica presente no concreto e da camada de regularização. Após a retirada dessas camadas observou-se que o concreto estava em estado de segregação e a armadura em estado de corrosão (por ataque de carbonatação), apresentando buracos na parede que acabava dando acesso a outro reservatório. Logo foi feita a retirada da área carbonatada solta e desagregada existente no concreto. Após o procedimento de retirada e limpeza, uma nova armadura teve que ser colocada. Para reforço estrutural, foi feita reposição com graute tixotrópico na mistura do aditivo cristalizante, com o objetivo de atuar como camada passivadora e reduzir o ataque dos agentes da carbonatação, promover a impermeabilização do concreto pelo processo de cristalização integral. O micro-concreto alcançou a resistência de 45 Mpa com 28 dias no processo de cura. Completado o procedimento de cura, foi feita pintura com aditivos cristalizantes que deverão atuar no sentido de ajudar na impermeabilização do reservatório, restaurando a vida útil da edificação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do que foi abordado durante todo o desenrolar do artigo foi possível identificar os fatores influenciadores das patologias, como citado no referencial teórico e demonstrado nas imagens 3 e 5, as consequências negativas da ausência de manutenção são fatores preocupantes e não podem ser ignorados.

4.1. ANÁLISE DO CONCRETO

Segundo Ourives (2009) a duração do concreto é proporcional à capacidade de penetração e locomoção de fluido (seja de gás ou líquido) no seu interior. Ao longo de 15 anos, não foi feita essa precaução sobre os deteriorantes ou fluido que adentavam no concreto.

As patologias encontradas comprovam o que a norma NBR 5674 descreve: a ausência da manutenção, cujo custo poderia ficar entre 1% a 2% do valor do projeto inicial, pode ocasionar na verdade um transtorno ainda maior. A empresa AMTECH ao ser contratada para refazer a impermeabilização, verificou problemas estruturais, elevando o valor inicial do projeto. Caso que possivelmente não ocorreria se houvesse a manutenção preventiva.

Outro fator que demonstrou essencial foi o controle da execução do concreto para o melhor resultado da durabilidade da edificação associado com uma impermeabilização adequada, pois segundo que atuará como agente protetor do reservatório, impedindo o acesso de agentes deteriorantes e o surgimento de possíveis patologias. Ourives (2009) cita que se a peça de concreto tiver uma alta resistência logo à impermeabilização atuara em conjunto, como mostra a figura 3.

Imagem 6: Impermeabilização x Tempo

CP Nº	28 dias	1º período (resultado médio)		2º período (resultado médio)		3º período	4º período		5º período	
1	**Com Penetron**	1ª semana	1 litro/h	5ª semana	0,003 litros/h	Intervalo de uma semana, sem contato com a água	Após 7 semanas	0,002 litros/h	Após 8 semanas	0,002 litros/h
2	**Com Penetron**	1ª semana	1 litro/h	5ª semana	0,003 litros/h		Após 7 semanas	0,002 litros/h	Após 8 semanas	0,002 litros/h
3	Sem Penetron	1ª semana	5 litros/h	5ª semana	5 litros/h		-	-	-	-
4	Sem Penetron	1ª semana	5 litros/h	5ª semana	5 litros/h		-	-	-	-

Fonte: Ibracon, 2009

4.2. PLANO DE MANUTENÇÃO

De acordo Silva (2019) a impermeabilização é um fator significativo na prevenção e conservação do edifício, ou seja, não é possível presumir e ansiar pelar durabilidade da edificação sem investir e zelar por esse sistema. Logo em função de facilitar a manutenção, preservação do sistema, foi selecionado outro método, o de aditivos cristalizantes. A troca do método de impermeabilização permite que a manutenção seja feita mais facilmente, apenas com a renovação da pintura, diferente das mantas asfálticas que não aceitam reparos. Além disso, o cristalizante apresentar característica diferente dos demais: ao passar do tempo suas características não se perdem, mas se aprimoram, pois com o aumento dos cristais, há também o aumento das barreiras e diminuição dos poros, o que impede a movimentação de fluidos no concreto, permitindo que suas características esperadas, como durabilidade e resistência, se concretizem. Além de a manutenção do sistema impermeabilizante ser quase improvável, uma vez que os cristais tendem a aumentar com o tempo, assim como a propriedade impermeabilizante. Nesse sentido, as manutenções em comparação com outros métodos seriam realizadas em um período em longo prazo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado foi possível detectar que a ausência de controle tanto no armazenamento dos componentes quanto na tecnologia do concreto, assim como a inexistência de impermeabilização e de um plano de manutenção periódica, ocasiona o surgimento de várias patologias, conforme alertam as observações constantes nas normas da ABNT's 5674:2012, 12655:2015 e a 9575:2010.

O estudo de caso realizado no edifício Saint Laurent, onde executou-se a reabilitação estrutural de um reservatório elevado, mostra a existência de várias patologias em seu sistema construtivo, gerado por conta dos 30 (trinta) anos de vida útil do edifício sem um plano de manutenção e controle do uso, tendo causado grandes transtornos aos condôminos.

A ABNT 5674 estabelece que deve ser entregue ao condomínio um manual do proprietário, onde deve constar as diretrizes para um plano de manutenção e de uso da edificação, com o intuito de garantir a longevidade da edificação. O reservatório em questão sofreu manifestações patológicas pela ausência da execução do plano de manutenção e de uso, necessitando agora de manutenção corretiva para reabilitação do seu desempenho e garantia da sua durabilidade.

Para restaurar o sistema estrutural do concreto foi usado micro concreto com alta aderência e resistência inicial. Executou- se a instalação de armações substituindo as que sofreram corrosão. No sistema de impermeabilização foi aplicado O ARPC em forma de pintura com o objetivo de proporcionar uma dupla camada impermeabilizante à estrutura de concreto. O acompanhamento conforme o que é sugerido no manual do proprietário torna-se um fator de controle e conservação da edificação, garantindo o seu desempenho ao longo dos 50 anos de vida útil do projeto para edificações convencionais, conforme estabelece a ABNT 15575-1:2013.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575:2010, 2,ED,2010.

[2] ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655:2015, 3,ED,2015.

[3] ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014, 3,ED,2014.

[4] ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674:2012, 2,ED,2012

[5] AMERICAN CONCRET INSTITUT- ACI. Report on chemical admixtures for concrete, 2011. Disponível em https://www.penetron.com/uploads/pdf/Penetro-ACI212-3R-10-Chapter15-PRA.pdf

[6] BOLINA, Fabrício Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo Roberto do Lago. Patologia de Estruturas, 2019, ED. OFICINA DE TEXTOS.

[7] BUNDER, Jeferson. O concreto: sua origem, sua história. Relatório de pós-graduação para a disciplina Tecnologia de concreto aplicado à Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo –USP, 2016. Disponível em: http://www.academia.edu/30709030/o_concreto_sua_origem_sua_historia

[8] DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS- Guia de orientação para atendimento à norma ABNT NBR 15575:2013, 2.ED, 2013-CBIC.

[9] FIGUEREIDO, Vanessa Saldanha; RINALDI, Vinícius Santana; ABI- ACKEL, Edmundo. Impermeabilização com manta asfáltica de uma laje plana de cobertura. Revista Constuindo. Belo Horizonte. V.9, Ed. Esp. de Patologia, p63-72, 2017. Disponível em http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/dawnload/4695/2952

[10] GRANADO, José Eduardo. Patologia das Construções, 2002 – Disponível em http://irapuama.dominiotemporario.com.

[11] OURIVES, Claudio Neves; BILESKY, Pedro Carlos; YOKOYAMA, Celina Miki; PIRES, Heloisa Bolorino. Avaliação dos sistemas de impermeabilização por Cristalização capilar do concreto. Revista concreto e construções. Ano XXXVII. p. 24-3,2009. Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_55.pdf

[12] RIPPER, Tomaz; SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. Patologia Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto, 1998, ED. PINI.

[13] SILVA, Fernanda Giannotti da; LIBORIO, Jefferson B. L. A importância da seleção de materiais para concretos de elementos estruturais submetidos à ação de cloretos. 1º Encontro Nacional de Pesqisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldadao, 2005. Disponível em http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/144.pdf

[14] SILVA, Washington Miranda da. Sistemas de impermeabilização. IV Coló quio de Pesquisa Multidisciplinar, II Congresso Nacional de pesquisa multidisciplinar, 2019. Disponível em http://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/847/834

[15] YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001

Capítulo 8

Análise comparativa entre a pavimentação flexível e rígida na Av. Buriti no bairro do distrito industrial na cidade de Manaus-AM

Keila de Oliveira Santos Monteiro
Igor Fernandes da Silva
Igor Bezerra de Lima
Sara dos Santos Santarém

Resumo: Este artigo tem o objetivo de comparar o Pavimento Rígido e o Pavimento Flexível, analisando qual é a metodologia adotada para a escolha da implementação do Pavimento Flexível em relação ao Pavimento Rígido, sendo o Pavimento Flexível o tipo predominante no Brasil. Portanto existe a necessidade de um tipo de pavimento que apresente alta durabilidade e custo baixo de manutenção. Os pavimentos flexíveis são aqueles revestidos com material betuminosos ou asfálticos, compostos geralmente de diversas camadas de materiais que podem acomodar a flexão da estrutura. Já o pavimento rígido consiste em um revestimento contendo placas de Concreto de Cimento Portland, é mais rígido devido ao elevado módulo de elasticidade do concreto. Através do método de dimensionamento dos pavimentos, foram considerados os cálculos junto as suas particularidades, o pavimento flexível possui método de cálculo mais elaborado, já o rígido é mais limitado. Ao analisar as características de cada pavimento conclui-se que o pavimento rígido é mais resistente as cargas do que o pavimento flexível, ainda tendo um baixo custo de manutenção, menor agressividade ao solo, melhor visibilidade noturna, maior vida útil.

Palavras-chave: Pavimentação; flexíveis e rígidos; custo.

1. INTRODUÇÃO

Com a revolução industrial e a grande necessidade de se transportar objetos por todos os continentes, as rodovias urbanas vêm sofrendo desgastes cada vez maiores e consequentemente, as tecnologias, aliadas a criatividade humana, vêm desenvolvendo estratégias de solução, como pavimentações específicas para lugares distintos.

A história da mistura a quente denominada asfalto ou pavimento, surgiu da necessidade de evolução do homem, para obter melhor acessibilidade nas áreas de cultivo entre rochas, minerais e água, e ainda de causar maior expansão territorial. (BALBO, 2007).

Entretanto devido aos altos índices de precipitação no Amazonas, vem dificultando a etapa de lançamento de pavimentos na fase de terraplenagem adequando-se à necessidade de se atingir a umidade ótima para a compactação de cada camada do solo. Portanto à uma certa necessidade de se utilizar um pavimento com menor número de camadas.

E hoje em dia, para ofertar estas rodovias com qualidade, é necessário um estudo de tecnologias que referenciem várias quantidades de opções para o seu desenvolvimento, dispondo de recursos econômicos, duráveis e sustentáveis (FILHO, 2018).

Para Medina (1997), o estudo da tecnologia de pavimentação é classificado de acordo com dois tipos de processos: pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis. Além dos pavimentos flexíveis e rígidos, que são os mais utilizados, há também os pavimentos semi- rígidos que é composto por uma base de cimento com aglutinante que possui propriedades cimentícias (DNIT, 2006). Porém, este estudo tem como finalidade dar destaque aos pavimentos flexíveis e rígidos.

Além disso, essas características, juntamente às altas temperaturas na região, resultam em fortes intempéries climáticas para a pavimentação – faz-se útil a utilização de um pavimento que requer menor necessidade de manutenção.

Sabemos que a qualidade da pavimentação resulta em uma melhor circulação de veículos reduzindo, assim o preço do transporte e das mercadorias. E como o nosso distrito industrial de Manaus recebe e distribui mercadorias continuamente, o grande fluxo de veículos pesados, como carretas, acabam por acelerar o desgaste da pavimentação, aumenta tanto os reparos dos veículos quanto das rodovias.

Ao analisarmos os tipos de pavimentos, vimos que há uma grande diferença entre o pavimento flexível e rígido, tanto na implementação, durabilidade e na manutenção. Durante este artigo iremos comparar suas viabilidades, custos, e identificar o pavimento ideal para ser implantado na Av. buriti localizada no bairro do distrito industrial na cidade de Manaus/AM.

O objetivo do estudo é analisar a comparação, a viabilidade e custo entre os pavimentos flexível e rígido, apresentado através de referências bibliográficas. Compreender o comportamento e suas principais características, conhecer as camadas dos pavimentos, comportamento e comparações, apresentando o cálculo de equivalência do número N.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO

Pavimento é uma estrutura formada por diversas camadas sobrepostas na superfície final da terraplanagem, e sua função é suportar os esforços resultantes do tráfego de veículos e das ações climáticas, bem como garantir melhores condições de rolamento da via, com economia, conforto e segurança.

De acordo com Bernucci et al. (2008, p. 9), pavimento significa:

> [...] uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos, às condições do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança [...].

Para Balbo (2007), as funções dos pavimentos são: apresentar uma estrutura de superfície mais regular, com maior conforto para os veículos, sendo mais aderente, com mais segurança na pista, estando ela seca, úmida ou molhada, com menos ruídos e desgastes ambientais.

A pavimentação é formada pelas camadas compostas por diferentes materiais, que são definidos de acordo com o tráfego e o lugar onde será aplicado, respeitando o meio ambiente e o menor custo benefício. Ao se definir o tipo de pavimento são observados: o tráfego de veículos, o clima da região, as condições de rodagem, o conforto e a economia para seus usuários.

2.2 HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO

2.2.1 HISTÓRICO DO PAVIMENTO NO MUNDO

De acordo com registros históricos, o processo de pavimentação surgiu antes de Cristo e com fins religiosos, onde as ruas próximas ás igrejas eram bem pavimentadas. A pavimentação mais antiga foi construída por volta de 4600 a. C, no Egito, com 13 km e ia de uma pedreira de basalto a um aqueduto que desembocava no Rio Nilo. Foram os gregos que difundiram as técnicas de pavimentação. Eles usavam betume para preencher os espaços entre os tijolos de pedra. Assim, a Grécia e o Império Romano foram os primeiros a dominar as melhores técnicas de pavimentação da antiguidade.

Os romanos foram os primeiros a aperfeiçoarem as estradas, criando o que hoje chamamos de pavimentação, com uma estrutura duradoura. Entre 1825 e 1895, diversas teorias foram desenvolvidas, como a da elasticidade, a resistência dos Materiais, a geodésia e a geometria, que facilitaram o avanço de novas técnicas e de teorias para o dimensionamento de estruturas dos pavimentos.

Em 1876, em Grenoble na França, mais precisamente na cidade de Ohio, o concreto foi utilizado pela primeira vez na pavimentação das vias. Já o primeiro pavimento com revestimento betuminoso foi registrado em 1870, em New Jersey (UEA) pelo químico belga Desmedt. Com o passar do tempo as técnicas de dimensionamento foram avançando e surgindo a teoria de Boussinesq para a utilização de concreto asfáltico e novos materiais como o polímero e a borracha de pneu.

Em 1918, nos Estados Unidos, o White Topping foi utilizado pela primeira vez com a técnica que utilizava concreto para a reabilitação de pavimentos asfálticos deteriorados. Com ele o concreto é aplicado diretamente sobre o revestimento asfáltico, servindo de sub-base, com espessura de no mínimo 10 cm para garantir a qualidade a e a durabilidade da via.

2.2.2 HISTÓRICO DO PAVIMENTO NO BRASIL

No Brasil, a primeira rodovia macadamizada teve início em 12 de abril de 1856, com Dom Pedro II, e foi inaugurada em 18 de abril de 1858, ligando Vila Tereza a Pedro do Rio, com 30.865 metros.

Atualmente, no Brasil, são utilizados três tipos de pavimentos: o flexível, onde as camadas passam por deformações elásticas, onde uma camada de brita graduada é revestida por outra camada asfáltica. O semi-rígido é revestido por uma base de cimento aglutinada com propriedades cimentícias, ou seja, base de cimento revestida por asfalto. O pavimento rígido, como o nome sugere, apresenta uma grande rigidez em relação às camadas inferiores, por isso absorvem praticamente todas as tensões oriundas dos atritos aplicados. Sua base é de concreto compactado a rolo, revestido de pavimento de concreto de cimento portlland.

De maneira geral, os pavimentos são classificados como: rígidos, semi-rígidos e flexíveis. De acordo com de Balbo (1997) a diferença evidentemente notável, pois facilmente mensurável, entre o pavimento rígido e o pavimento flexível é que este último apresenta um maior e mais expressivo deslocamento vertical elástico (ou deflexão, conforme emprega-se no mundo rodoviário), quando solicitados por cargas idênticas.

2.3 TIPOS DE PAVIMENTOS

Segundo Senço (2002) pavimentos rígidos são estruturas pouco deformáveis, constituídas principalmente de concreto de cimento portland e tendem a romper por tração na flexão, quando sujeitos a deformações.

Para Balbo (2011) pavimento flexível é aquele que em todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas sob o carregamento aplicado e é distribuída em partes aproximadamente equivalentes entre

as camadas. E, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Na tabela 01 está o comparativo dos pavimentos.

Tabela 01: Tipos de pavimentos

PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXÍVEL
Concreto	Asfalto
Estrutura mais delgada de pavimento	Estrutura mais espessa com camadas múltiplas
Resistente a ataques químicos	É afetado por produtos químicos
Maior distância de viabilidade horizontal, proporcionando maior segurança	Visibilidade reduzida durante a noite e em condições climáticas
Menor necessidade de manutenção	Necessidade de manutenção e recuperação, prejudicando o tráfego
Falta de aderência, devido ao baixo índice de porosidade	Melhor aderência devido a textura rugosa das altas temperaturas
Deformação por tração na flexão	Deformação elástica
Vida útil mínima de 20 anos	Vida útil máxima de 10 anos com manutenção
Custo inicial elevado	Custo inicial baixo
Tempo de execução mais demorado	Tempo de execução mais rápido

Fonte: Autoria própria, 2020

O comportamento de um pavimento reflete o estado da superfície do revestimento, onde suas irregularidades e/ou defeitos são observados ao se transitar na via. A avaliação da pavimentação é realizada de forma estrutural, observando o conjunto de procedimentos que determinam a resposta da estrutura, relacionando-a ao tráfego que recebe as tensões, as deformações e as deflexões em pontos determinados, podendo, com isso, avaliar sua capacidade de resistir aos mecanismos que levam a degradação de sua estrutura.

Com esse diagnóstico fica mais fácil definir os tipos de reparos que serão necessários para a recuperação, já nos modelos de previsão de desempenho são utilizadas medidas de resistência do pavimento, associadas aos tipos de materiais, módulos de elasticidade, espessuras de cada camada e a condição da superfície.

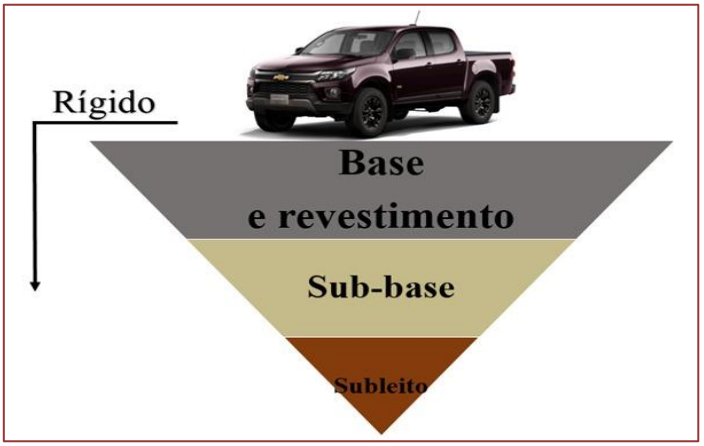
Para Horonjeff (1966 apud Lobo, 2013), a consistência do revestimento se resume na mistura de material betuminoso e agregados, com a função de impermeabilizar a base, para que a água não penetre em sua superfície, protegendo-a do desgaste oriundo do tráfego e também distribuir a carga sobre a via.

2.3.1 PAVIMENTOS RÍGIDO

O pavimento rígido é feito de concreto. É aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (Manual do DNIT, 2006).

A pavimentação rígida se constitui através da utilização de placas de concreto, que se estabelece granulométricamente sob as mesmas de ao menos duas camadas, promovendo maior resistência à frenagem e às cargas estáticas. Nos pavimentos rígidos (Figura 01), são compostos em geral por camadas de concreto de cimento Portland (revestimento e base), de sub-base e, se necessário, de reforço do subleito (nessa ordem, de cima para baixo).

Figura 01 - Ilustração das camadas do pavimento Rígido



Fonte: Autoria própria, 2020.

Portanto, as diversas fases do processo ficarão cada vez mais resistentes, quanto ao comportamento sob a ação do tráfego. Entretanto, sendo o concreto simples ou armado, um material de dosagem e controle, proveniente de normas e especificações já bastante testadas, a aplicação desse material em rodovias não tem mesma frequência de utilização.

Especificando as características de cada tipo de PCS tem-se, primeiramente, o Concreto Simples, o qual é constituído de concreto como camada de base e revestimento, sendo que nesse tipo, o concreto resiste aos esforços de cisalhamento e tração. Já o Concreto Simples com Barras de Transferência se diferencia do primeira pela presença de juntas transversais e longitudinais, sendo essas responsáveis pela transferência de carga. O Concreto Simples com Armadura Distribuída Descontínua é similar ao anterior, mas apresenta uma armadura, em cada bloco, unida pelas juntas transversais, enquanto o Concreto Simples com Armadura Contínua não necessita de junção entre cada bloco, devido à sua continuidade da armadura (DNIT, 2006)

O pavimento rígido deve apresentar uma baixa variação volumétrica; manuseio compatível ao equipamento a ser utilizado no espalhamento; adensamento e acabamento a fim de assegurar a durabilidade; com um consumo de cimento igual ou acima de 320 kg/m^3 de concreto.

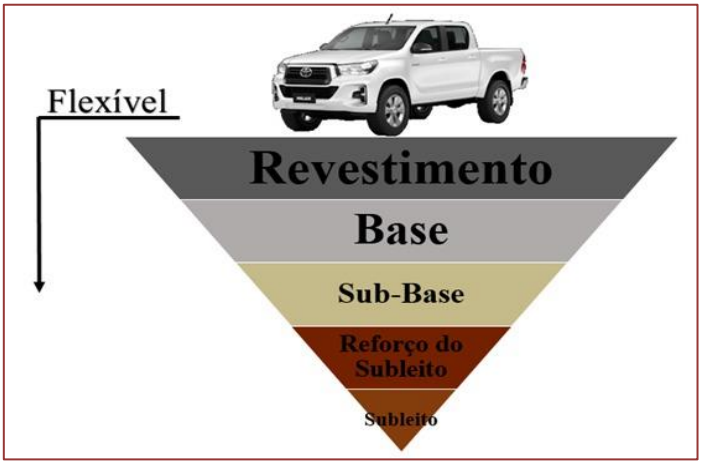
2.3.2 PAVIMENTOS FLEXÍVEL

A pavimentação flexível é aquela que se adequa conforme a carga exercida sobre a mesma, tendo em sua composição uma base granular, resultando uma estabilização granulométrica por camadas e revestimento asfáltico. Em pavimentos flexíveis (Figura 02), estão presentes em geral camadas de revestimento, de base, de sub-base e de reforço do subleito.

A Estabilização Granulométrica é constituída por camadas de solo, britas, escória ou pela mistura desses materiais. Camadas essas que são estabilizadas através da britagem/peneiramento prévio, se for o caso, e da compactação de um ou mais desses materiais através da utilização de rolos compactadores (DNIT, 2006).

Conforme definição dada pelo Manual de Pavimentação17 do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT), 2006, pavimento flexível é aquele que sofre deformação elástica em todas as suas camadas, distribuindo-as em parcelas equivalentes entre elas.

Figura 02 - Ilustração das camadas do pavimento Flexível



Fonte: Autoria própria, 2020.

O pavimento flexível é um conjunto em que o revestimento é composto por uma camada de ligante asfáltico e agregados. O revestimento asfáltico é sobreposto por camadas de base, sub-base e reforço do subleito, podem ter várias opções de materiais constituintes, podendo ser a partir de uma camada granular até uma camada composta por materiais cimentícios.

2.4 COMPORTAMENTO DOS PAVIMENTOS

Em relação ao comportamento sob a ação do tráfego, as várias fases do processo ficarão cada vez mais precisas, quanto mais se dispor de normas compatíveis e se adaptar ao perfeito seguimento das mesmas. Embora o concreto, simples ou armado, seja um material tradicional e de dosagem e controle objeto de normas e especificações já bastante testadas, a aplicação desse material no pavimento de rodovias não tem, entre nós, a mesma frequência de utilização.

O pavimento rígido tem vida útil superior a 20 anos, não oxida, é resistente a ação de combustíveis, óleos veiculares e a ação das chuvas e do sol, e atua como impermeabilizante não deixando passar para outras camadas, diferentemente do pavimento flexível que possui vida útil menor que 10 anos, onde as altas temperaturas, excesso de chuvas ou os combustíveis e óleos dos veículos causam a deterioração da sua superfície (SILVA FILHO, 2011).

No pavimento rígido as cargas são distribuídas nas placas de concreto, desta forma é menor a responsabilidade do solo na distribuição. No pavimento flexível as cargas não são distribuídas uniformemente, mas sim de forma vertical, ocasionando o trabalho excessivo do solo e sofrendo com deformações elásticas.

2.5 COMPARAÇÕES

O projeto de um pavimento consiste em dimensionar e determinar as várias camadas de; reforço do sub-leito, sub-base, base e revestimento, de forma que estas camadas sejam bastante o suficiente para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultante das rolagens dos veículos ao sub-leito, para que o conjunto não sofra ruptura, deformações ou desgaste superficial excessivo.

O pavimento é composto por um sistema de várias camadas e espessuras finitas, ascendentes sobre um semi-espaço, que é o sub-leito. Entretanto, o problema do dimensionamento que consiste em considerar um ponto O qualquer do sistema solicitado por uma carga de roda Q/2 que gera uma pressão de contato q e verificar o estado de tensão e de deformação resultante, tendo em vista prever se haverá ou não ruptura.

O dimensionamento tende a considerar as cargas aplicadas como estáticas; no entanto, ele é submetido a cargas repetitivas, como deformações permanentes e elástica, que serão maiores, quanto maior for o número de solicitações.

É considerado para o pavimento rígido um dimensionamento para 20 anos, e para o flexível 10 anos. Pois o flexível exigi maiores números de intervenções, além de ter baixa aderência quando estar molhada e

menor visibilidade durante a noite. Portanto o pavimento rígido exige menor quantidade de manutenção, auxiliando na disseminação de luz, durante a noite facilita a iluminação das vias e ainda proporciona uma boa aderência entre o pneu e o pavimento.

O que analisar na hora de escolher a pavimentação ideal:

- Geometria do local.
- Volume de tráfego;
- Qualidade dos materiais para execução;
- Técnica adotada;
- Viabilidade econômica;

3. METODOLOGIA

Nesse trabalho foi utilizado o delineamento qualitativo, uma vez que, além de focalizar o processo social, preocupa-se também com o significado dos objetivos e seus revestimentos, facilitando a visualização de todo o contexto em estudo, na busca da melhor compreensão.

Com essa pesquisa, os métodos qualitativos buscam entender e explicar os fenômenos do objetivo em estudo de forma mais minuciosa, podendo analisar o todo e colher informações mais reais e precisa, uma vez que, tanto a razão quanto a intuição são consideradas na busca da compreensão do fenômeno em estudo.

A proposta do trabalho visa conhecer os tipos de pavimentos mais utilizado nas vias do distrito industrial bem como o porquê de suas aplicabilidades apenas em locais distintos. Utilizaremos a pesquisa in loco e referências bibliográficas.

Com base nos dados obtidos por meio do Instituto Municipal de Mobilidade Urbana – IMMU da Prefeitura de Manaus – AM, obtivemos a contagem volumétrica de tráfego da Av. Buriti (Figura 03), localizada no bairro do distrito industrial, no horário de maior fluidez de veículos.

Figura 03 – Extensão da Av. Buriti

Fonte: Google mapas, 2020.

Portanto, através do cálculo do número "N" – USACE, foi dimensionado a espessura do pavimento flexível, com o auxílio do método de dimensionamento do DNIT (antigo DNER). Já para o pavimento rígido é utilizado uma camada de espessura mínima de 20 cm.

É calculado através do número de repetições dos eixos dos veículos, equivalentes às solicitações do eixo padrão rodoviário de 8,2 tf (80 KN) durante o período considerado de vida útil do pavimento. O eixo

padrão rodoviário brasileiro é um eixo simples de rodas duplas e que transmite ao pavimento uma carga total de 8,2 toneladas.

$$Nn = 365 \times VDM \times P \times FV \times FR$$

Onde:

365 = Número de dias de um ano

VDM = Volume diário médio (n° veículos)

P = Período do projeto – 10 a 20 anos

FV = Fator de veículo

FR = Fator climático regional

4. RESULTADOS

Os pavimentos se distinguem em termos de vida útil, pois é muito utilizado em vias públicas, como ruas, avenidas, estradas, rodovias e, principalmente, em corredores de ônibus. Na Av. buriti, observamos que é utilizada os dois tipos de pavimentos (flexível e rígido), no qual possui um tráfego de cargas com muito excesso. No entanto é utilizado o pavimento rígido nas rotatórias onde há uma incidência de atrito e frenagem muito grande.

De acordo com o DNIT (2017), os custos para a implementação de pavimentos flexíveis, de material de concreto asfáltico usinado a quente de 10 centímetros de espessura, obtém um valor estimado de R$ 3.200.000,00 por km. Nos casos de pavimentos rígidos, o custo para a implantação, com os revestimentos feitos de pavimentos de concreto simples, e 18 centímetros de espessura, é de aproximadamente R$ 5.585.000,00 por km.

A viabilidade econômica no gerenciamento de mão de obras, o custo entre os pavimentos possui uma diferença aproximada de R$ 2.385.00,00, com um percentual em torno de 45% mais caro o pavimento rígido. Em relação aos custos econômicos, os pavimentos flexíveis possuem mais viabilidade.

O pavimento rígido tem uma resistência maior aos esforços provocados pelo desgaste, tendo uma menor solicitação de intervenção. Entretanto nos pavimentos flexíveis a uma maior necessidade de vistorias, maior frequência de manutenção por possuir maiores deformações. Portanto os pavimentos rígidos possuem um custo mais barato e viável no aspecto de manutenção por ser mínima associado ao ciclo de vida útil, que é maior do que há dos pavimentos flexíveis.

Porem foi levado em conta o método de dimensionamento do pavimento, no qual foi considerado os métodos dos cálculos junto as suas particularidades dos esforços solicitantes e das cargas móveis. O pavimento flexível possui um método de dimensionamento mais elaborado por ter tido investimento metodológicos mais implementados ao longo do tempo, além de possuir diversos tipos de abordagem, obtêm vários tipos de resultados. Enquanto nos pavimentos rígidos o dimensionamento possui aspetos funcionais limitados, pois ele possui uma média de 10 a 20 anos a mais que os flexíveis, tendo um aspecto mais viável.

5. CONCLUSÃO

Após todo processo de pesquisa bibliográfica, análise dos dados coletados, diálogos com os orientadores e reflexão entre autores, podemos afirmar que no Brasil o pavimento asfáltico foi impulsionado com o surgimento das tecnologias mecânicas e mão de obra especializada. O pavimento flexível ainda é mais utilizado que o pavimento rígido, embora já fosse utilizado desde a década de 50.

O asfalto rígido exige menos intervenções de manutenção, auxilia na difusão da luz, no período noturno, oferecendo boa aderência entre os pneus e o pavimento, mas requer um elevado controle de execução para que garanta a qualidade, tendo vida útil superior a 20 anos, não oxida e é resistente a ação corrosiva dos combustíveis vazados, da chuva, do sol e demais fenômenos da natureza, atuando como

impermeabilizante. Já o pavimento flexível possui a metade da vida útil do pavimento rígido e sofre mais com as ações climáticas e o atrito com as rodas, ocasionando maior trabalho do solo com deformações elásticas. Além disso, no pavimento rígido as cargas se distribuem nas placas de concreto, diminuindo o desgaste do solo durante os atritos com a rodagem.

Após comparar, tanto os pontos positivos quanto os negativos que envolvem a utilização dos dois pavimentos, concluísse que o revestimento rígido é mais viável em manutenção do que o flexível, sendo de custo menor, mais resistente e menos agressivo para o solo e os pneus.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica. Rio de Janeiro. Acesso em 13 de set. 2020.

[2] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982. Acesso em 29 de set. 2020.

[3] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de janeiro, Acesso em 28 de nov. 2020

[4] BARBOSA, Ésio Curado, Jr. Comparativo técnico - econômico entre pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos. Projeto final, Publicação ENC. PF 013- 2013/02, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO, 2014.Acesso em 29 de set. 2020.

[5] BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Acesso em 01 de out. 2020.

[6] BRASIL. DNIT. Vol. 10. Manuais Técnicos. 2017. Disponível em http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos. Acesso em 01 de out. 2020.

[7] BERNUCCI, L. B; MOTTA, L. M. G; CERATTI, J. A. P; SOARES, J. B. (2006). Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. 1. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS. V.1. 520 p. Acesso em 14 de set. 2020.

[8] BIROLI, F. C. Comparação dos custos de pavimentos flexíveis e rígidos com base em conceitos de gerência de pavimentos. Dissertação (Mestre em Engenharia de Transportes). Universidade de São Paulo, 2003.

[9] CERATTI, Jorge Augusto Pereira et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008.

[10] DNIT. Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. Acesso em 03 de out. 2020.

[11] DNIT. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Volume 8. ed. Rio de Janeiro, 2017. Acesso 19 de nov. 2020.

[12] FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, Junho de 2018. ISSN: 2448-0959 SITE: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel#221-Pavimento-flexivel. Acesso em 02 de out. 2020.

[13] GIUBLIN, C. R.; MASCHIO, A.; MORO, C. B. Avaliação do Pavimento de Concreto em diversas ruas de Curitiba. Artigo apresentado ao 53° Congresso brasileiro do concreto, Florianópolis, 2011. Acesso em 11 de Nov. 2020.

[14] IMMU, Instituto Municipal de Mobilidade Urbana: Contagem Volumétrica de trafego, Divisão da Informação. Acesso em 03 de out. 2020.

[15] KLINSKY, L. M (2019). Bases de Pavimentos. 475 p. Cursos de Ensino à Distância – Associação Brasileira de Pavimentação. Rio de Janeiro -RJ. Acesso em 16 de set. 2020.

[16] LOBO, Adriana Verchai de Lima. Avaliação do uso de agregados miúdos reciclados de concreto em concretos betuminosos usinados a quente, Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013 Acesso em 04 de out. 2020.

[17] MEDINA, J. Mecânica dos Pavimentos. 1ª edição, 380 p. Rios de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 1997. Acesso em 22 de set. 2020.

[18] NETO. Guilherme Loreto Guimarães. Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida. Monografia. Universidade Da Amazônia – UNAMA Centro De Ciências Exatas E 22Tecnológia – Ccet Curso De Engenharia Civil. Disponível em http://livrozilla .com/doc/794724/estudo-comparativo-entre-a-pavimentacao-flexivel. Acesso em 08 de Nov. 2020.

[19] SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação: volume 1. 2. ed. São Paulo, Pini, 2007. Acesso em 23 de set. 2020.

[20] https://www.google.com.br/maps/dir/-3.1220792,-59.9803797/-3.0984928,-59.9484761/@-3.1203212,-59.9811404,16z/data=!4m2!4m1!3e0?hl=pt-BR – Localização da Av. buriti – Manaus – AM. Acesso em 17 de Out. 2020.

[21] TROMBETTA, Jairo. Avaliação, diagnóstico e manutenção de pavimentos flexíveis. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010 Acesso em 10 de Nov. 2020.

Capítulo 9

Bambu: Uso de bambu em concreto como reforço em substituição ao aço

Johnnathan Araújo de Oliveira
Thiago Santana de Paula
Luciane Farias Ribas
Sara dos Santos Santarém

Resumo: Atualmente, a preocupação com a sustentabilidade é crescente, principalmente na construção civil com materiais que degradam o meio ambiente. Sendo o aço um material que apresenta um elevado custo de produção e gera grandes impactos ao meio ambiente, o bambu se apresenta como um material com potencial estudado para ser utilizado em substituição ao aço. A proposta deste trabalho é avaliar as propriedades mecânicas do bambu por meio de dados secundários, analisando a substituição do aço pelo bambu. O estudo consiste em 3 etapas: Levantamento de Dados; Avaliação de Variabilidade e Estudo Comparativo. Para isso, adotou-se medidas de dispersão da matemática estática como: amplitude, variância e desvio padrão. Os dados avaliados foram encontrados em bases de dados como Scielo e Science Direct, e tratavam do uso do bambu em concreto em substituição ao aço. Os dados de resistência à tração foram inferiores à resistência do concreto armado com aço. Portanto, não é possível recomendar o uso de bambu em concreto como reforço em substituição ao aço apenas por suas propriedades mecânicas serem equivalentes ao aço. Isso por que sua interação com o concreto não apresenta o mesmo desempenho.

Palavras-chave: Bambu, Propriedades Mecânicas, Tração, Flexão.

1 INTRODUÇÃO

Há algum tempo o homem vem buscando novas tecnologias para construção civil que sejam sustentáveis, econômicas e que proporcione conforto e segurança. Há alguns anos vem se estudando novas estruturas que possam substituir matérias que impactam de forma agressiva ao meio ambiente. A partir disso começou uma busca por materiais que tenham as mesmas características físico-mecânicas dos materiais já utilizados, mas, melhores, mais eficientes e que não agridem fortemente o meio ambiente.

O desenvolvimento continuo e a obviedade do pensamento sustentável aliado ao fator econômico, tem aumentado a procura por materiais alternativos na construção civil na maioria das vezes estes materiais vêm sendo utilizados sem o conhecimento cientifico necessário e o emprego das técnicas necessárias para melhor aproveitamento dos mesmos.

Como um material renovável, o bambu vem mostrando eficiência quanto a sustentabilidade, pois em menor tempo a planta (bambu) atinge a idade ideal para o corte e durante seu desenvolvimento consome muito gás carbônico, contribuindo para a retirada deste gás da atmosfera.

Durante séculos, os humanos usaram o bambu para vários fins, como construção, móveis, artesanato, indústria alimentícia, indústria de papel, etc. Porém, no Brasil, embora o país possua uma reserva natural de bambu, há pouca exploração do uso desse material. Parte disso se deve à forma como são observadas as plantas, que costumam ser reproduzidas com materiais de baixa qualidade, o que é incorreto, e como essa cultura não é universal, falta mão de obra qualificada, fornecedores e normas para sua aplicação.

Grande parte do sucesso dessa gramínea deve se a excelente viabilidade financeira que possui, porem assim como qualquer outro tipo de material, para ser produzido em grande escala na construção, faz-se necessário um estudo sistemático desde processo de plantação, passando pela colheita, cura, tratamento e pós-tratamento, incluído também uma análise completa das propriedades físicas e mecânicas (GHAVAMI, 2001).

Os bambus nativos se desenvolvem naturalmente em todos os continentes com exceção da Europa, sendo 34% das espécies nativas das Américas, 62% da Ásia e 4% da Oceania. O Brasil possui 34 gêneros. A maior reserva natural de bambu do mundo está localizada na parte sudoeste da Amazônia Legal e cobre aproximadamente 180.000 quilômetros quadrados de florestas nas quais está planta cresce.

Historicamente, o bambu costumava fornecer alimentos, abrigo, ferramentas, utensílios e muitos outros itens projeto. Atualmente, estima-se que ajude os meios de subsistência para mais de um bilhão de pessoas, além ser utilizado de forma tradicional tem grande relevância no uso industrial. (SASTRY, 1999).

Este trabalho tem por objetivo avaliar as propriedades mecânicas do bambu por meio de dados secundários, analisando a substituição do aço pelo bambu.

Para tal descreveremos o bambu e o aço de forma geral, pontuando seus aspectos, características e a evolução do uso desses materiais ao longo dos anos. Suas propriedades físicas e um estudo comparativo de forma a demonstrar a substituição do aço pelo bambu como elemento estrutural através da avaliação de variabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BAMBU NO MUNDO E NO BRASIL

O bambu está entre os materiais mais antigos utilizados na construção civil, registros de seu uso datam de seis mil anos (PADOVAN, 2010). Segundo Pereira e Beraldo (2008), os bambus nativos se desenvolvem naturalmente em todos os continentes com exceção da Europa, sendo 34% das espécies nativas das Américas, 62% da Ásia e 4% da Oceania. O mesmo autor ainda explica que o Brasil possui 34 gêneros e 232 espécies de bambus nativos, sendo que destas espécies 172 são consideradas endêmicas, e entre os gêneros 16 são considerados do tipo herbáceo (ornamental) e 18 do tipo lenhoso. Dentre as espécies observadas no Brasil, destacam-se os gêneros: *Bambusa Dendrocalamus, Gigantochloa, Gradua, Phyllostachys, Pseudosasa, Sasa e Sinoarundinaria*.

Na Índia, o bambu é conhecido como “madeira dos pobres”; no Vietnã, como “ o irmão” e na China, “ o amigo das pessoas” (Farelly, 1984 apud Teixiera, 2006).

Na Ásia, a planta é usada há vários anos. Desde os primeiros tempos da história oriental, os chineses e japoneses já dominam a arte de construir o bambu, uma vez que é fácil de encontrar na região. Eles fizeram templos dedicados ao Buda e até mesmo conjuntos habitacionais. As janelas eram feitas de papel

grosso e as paredes de bambu podiam ser móveis, mas durante anos a maioria dessas edificações não resistiu a incêndios e ao desgaste natural (FOLHA LITORAL, 2017).

O bambu foi usado até por Thomas Edson, que decidiu produzir uma lâmpada em que o filamento era feito de um material mais fino que resistia ao calor por mais tempo e exigia uma pequena quantidade de corrente elétrica para aquecer. Em 1879, após testar um grande número de metais, decidiu usar fibras feitas de fibras naturais carbonizadas, e então criou uma lâmpada com fibra de algodão queimada que funcionou por 15 horas ininterruptamente. Insatisfeito, usou bambu importado do Japão e produziu uma nova lâmpada que permaneceu acesa por 900 horas. Após descobrir que as fibras de carbono à base de celulose duram mais, ele implantou o primeiro sistema de distribuição de energia elétrica em Nova York e fundou a Edison Electric Light Company (ELECTRIC MEMORY CENTER IN BRAZIL, 2017).

No Brasil, o bambu é tratado com preconceito, e a eliminação do bambu é comum na produção de grãos e na pecuária. O acesso às informações sobre essa planta como material de construção é difícil no país, há poucos dados técnicos e científicos e, se houver, é estrangeiro ou mesmo desatualizado (TEIXEIRA, 2006).

De acordo com Brasil (2011), o art. 1º da citada Lei de 8 de setembro de 2011, visa desenvolver a cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados. De acordo com art. 3 são as diretrizes da Política Nacional de Incentivo ao Manejo e Cultivo Sustentável do Bambu, valorizando a planta como um produto capaz de atender às necessidades ecológicas, econômicas, sociais e culturais; desenvolvimento tecnológico de manejo, cultivo e aplicações; e o desenvolvimento de manejo, cultivo e estacas de bambu sustentáveis.

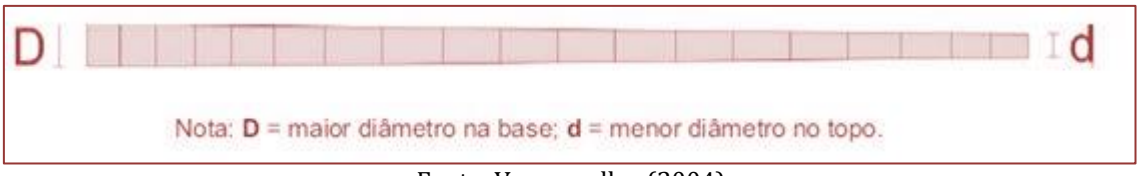
2.2 CARACTERÍSTICAS DO BAMBU

O bambu, planta lenhosa, monocotiledônea é constituída basicamente por colmo, rizoma e um sistema radicular fasciculado. Grande parte das utilizações atribuídas hoje ao aço eram antes desempenhadas pelo bambu, devido suas fibras serem longas e dispostas paralelamente na direção longitudinal do colmo, fornece uma alta resistência físico-mecânica aos esforços de tração, compressão, flexão e torção. (FERREIRA, GISLEIVA 2002).

Na sua época de maior crescimento, o bambu pode crescer entre 8 a 10 cm em 24h. entretanto, os maiores valores de propriedades mecânicas só são alcançados quando o bambu está maduro, com idade entre 3 a 6 anos (PEIXOTO, 2008).

Os bambus possuem uma forma cônica. O diâmetro diminui da base até o topo, conforme a figura 1. As paredes dos colmos na base dos bambus são mais grossas e do topo são mais finas.

Figura 1 – Forma cônica do colmo de bambu



Fonte: Vasconcellos (2004)

O bambu é um material compósito formado basicamente por fibras de celulose longas e paralelas incorporadas a uma matriz lenhosa. A densidade das fibras na secção transversal de um colmo de bambu varia ao longo da sua espessura. Trata-se de um material funcionalmente gradiente, evoluído de acordo com o estado de distribuição do estresse em seu ambiente natural (GHAVAMI, 2005).

Filgueiras e Viana (2017) argumentam que a riqueza e a variedade morfológica dos bambus são o sustentáculo para conhecimento sobre sua taxonomia, e sua compreensão é fundamental para o reconhecimento correto das espécies. Para eles o bambu pode ser basicamente dividido em raiz, caule, folhas e inflorescências. Os autores ainda explicam que especificamente o caule, como em todas as gramíneas, é dividido em porção subterrânea (rizoma) e parte aérea (colmo) que são formados pelos nós e entre nós e em sua porção mais elevada ramificam-se os galhos com suas folhas e eventuais florações.

A anatomia do bambu é a principal característica que exerce influência sobre as propriedades mecânicas deste material. De acordo com Soares (2013), a estrutura anatômica determina as propriedades do colmo do bambu, portanto, a sua composição é deliberada pela forma, tamanho, orientação e número de feixes vasculares. O colmo do bambu é tipicamente um cilindro oco, composto por uma série alternada de nós e entrenós que tende afunilar da base para o topo, o qual o diâmetro não possui grande variação até 75% da altura.

Após dois anos e meio de saída do solo, o bambu já possui resistência mecânica estrutural além da comparação com outras plantas, pois além de boa resistência mecânica, possui baixo peso específico, formato tubular estruturalmente estável, baixo custo de produção, boa trabalhabilidade e facilidade de transporte. Juntos, esses fatores significam redução dos custos de construção (TEIXEIRA, 2006).

Ghavami e Marinho (2001) observaram que a resistência à compressão dos nós é menor. Os autores relatam que em testes normais de compressão das fibras, a resistência é de 20 a 120 MPa e é 30% menor que a resistência à tração. Os autores também realizaram pesquisas sobre a resistência das fibras ao cisalhamento longitudinal, atingindo valores de 8 a 32 MPa, mostrando que o bambu pode substituir a madeira em elementos estruturais condicionados pela resistência ao cisalhamento.

Hidalgo-López (2003) observa que no caule as propriedades diferem da base para o topo, na maioria dos casos na parte superior, com vasos condutores menores, porém mais em número e recobertos por uma camada crescente de fibras, mais resistentes à compressão e flexão; a parte do meio tem a maior resistência à tração porque tem os maiores entrenós; a parte inferior da haste geralmente é a que tem menos resistência.

Nos entrenós, a maior resistência está na parte central, pois nesta área as fibras são mais compridas do que nas áreas dos nós mais próximos. Na parede da haste, a resistência à tração aumenta de dentro para fora, assim como seu peso específico. Para o autor, não existe uma diferença muito grande entre os valores de tração vascular nas regiões externa, média e interna da parede das escamas, há uma diferença na densidade dos vasos que é maior na face externa, daí a diferenciação da resistência mecânica nesta região do caule (HIDALGO-LÓPES, 2001) .

2.3 BAMBU COMO ELEMENTO ESTRUTURAL

Os primeiros estudos de tentativa de substituição do aço pelo bambu com reforço de concreto se deram o início do século XX, mais exatamente em 1918, os quais denotam que os chineses foram pioneiros na utilização de bambu em construções. Com o advento da Segunda Guerra Mundial, Japão e Estados Unidos também incentivaram tais pesquisas devido a possível dificuldade de obtenção de aço (FERREIRA, 2002).

Segundo Salcedo (2001), antes de terem sidos utilizados na China em 1918, os primeiros ensaios realizados com bambu foram feitos por H. K. Chou (1914) nos Estados Unidos, a qual foram realizadas concretagens de pilares solicitados a flexão de pontes para linha de trens com bambu da espécie *Phyllostachys*. Foram ensaiadas mais de 200 amostras e apresentaram resistência à flexão de 93,5 MPa, resistência à tração de 98,6 MPa, compressão de 38,7 MPa e cisalhamento de 8,0 MPa.

O método moderno de construção com bambu é baseado em métodos tradicionais, mas com a adição de novas tecnologias, materiais e técnicas. Os pilares e vigas recebem novos tipos de conexões, uso de argamassa, parafusos de fixação e esperas metálicas, o que permite melhor transferência de forças. Não é recomendável o uso de pregos e parafusos no material, pois pode rachar ou mesmo quebrar o bambu (PAVON, 2010).

Os pilares devem ser feitos da melhor parte da planta, ou seja, do centro para a parte inferior do caule, pois é aqui que os nós proporcionam maior resistência estrutural. Para ela, o bambu usado em pilares costuma ter a capacidade de absorver muita energia, tornando-o seguro em áreas com terremotos frequentes (TEXEIRA, 2006).

Segundo Teixiera (2006), a planta deve ser protegida contra a umidade do solo e do piso, portanto o pilar não deve ser colocado em contato direto com o solo. A vida útil do elemento pode ser reduzida se esta regra não for seguida. Os pilares podem ser sustentados por bases de concreto ou outro material, mantendo o bambu afastado do chão.

2.4 AÇO NO MUNDO E NO BRASIL

Segundo o Instituto de Aço Brasil o setor siderúrgico é representado por 14 empresas privadas, controladas por nove grupos empresariais e operando 28 usinas distribuídas por 10 estados brasileiros, a indústria do aço no Brasil foi responsável pela produção, de 26,5 milhões de toneladas de aço bruto, levando o país a ocupar a 9ª posição no ranking da produção mundial.

O consumo "per capita" de aço no Brasil, que vem se mantendo na ordem dos 100 kg/hab./ano desde 1980, está muito aquém dos valores observados nas economias desenvolvidas, superiores a 400 kg/hab./ano. O baixo consumo "per capita" mostra que, além da evolução normal decorrente da regular atividade econômica, há elevado potencial de crescimento que pode ser realizado através da promoção do uso do aço, a exemplo do que é normalmente feito nas economias desenvolvidas (INSTITUTO BRASIL, 2007).

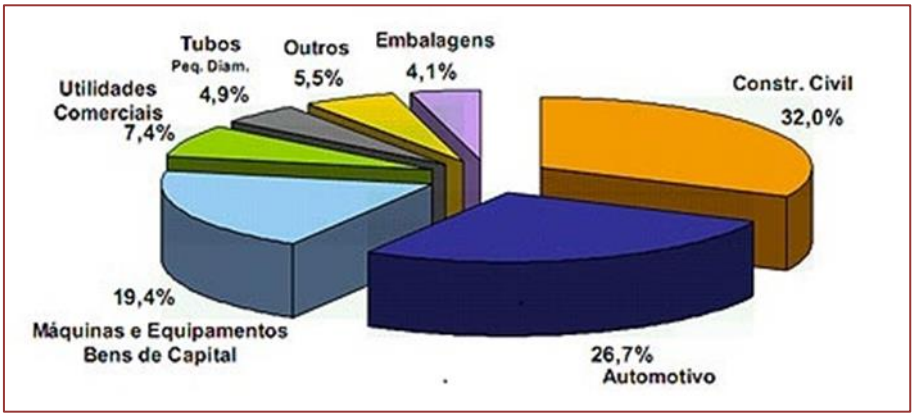
No atual momento da economia brasileira, a evolução do consumo de aço apresenta elasticidade de renda elevada e forte correlação com as evoluções do PIB e do produto industrial. Cinco grandes setores - construção civil, automotivo, bens de capital, utilidades domésticas e comerciais, embalagens e recipientes representam mais de 80% do consumo de aço no Brasil. A construção civil responde, sozinha, por cerca de 30%, sendo o segmento de maior potencial de crescimento (INSTITUTO BRASIL, 2007).

A siderurgia brasileira produz a quase totalidade dos produtos demandados pelo mercado e atende competitivamente a mais de 95% do consumo interno. Empenha-se também em promover a ampliação do mercado através de parcerias com setores consumidores para maior competitividade das cadeias e o desenvolvimento de novos usos para os produtos siderúrgicos. Estima-se que a metade dos aços usados atualmente não existia até o início dos

17anos 90. Essa tendência permanecerá e novos aços continuarão a ser desenvolvidos, atendendo às necessidades do mercado e mantendo a essencialidade do produto aço (INSTITUTO BRASIL, 2007).

A distribuição e o consumo de aço ocorrem entre diversos setores do mercado, destacando-se os volumes destinados á construção civil, conforme a figura 2.

Figura 2: Participação dos setores consumidores.



Fonte: Instituto do aço (2012).

2.5 CARACTERÍSTICAS DO AÇO

O aço, como os demais metais, se solidifica pela formação de cristais, que vão crescendo a diferentes direções, formando os denominados eixos de cristalização. A partir de um eixo principal, crescem eixos secundários, que por sua vez se desdobram em novos eixos e assim por diante até que toda a massa do metal se torne sólida (FERRAZ, 2005)

Segundo Ferraz (2005) o conjunto formado pelo eixo principal e secundários de um cristal é denominado dendrita. Quando duas dendritas se encontram, origina-se uma superfície de contato e ao término do processo de cristalização, formam cada uma os grãos que compõem o metal, de modo que todos os metais, após sua solidificação completa, são constituídos de inúmeros grãos, justapostos e unidos.

O autor ainda fala que o aço é constituído de um agregado cristalino, cujos cristais (grãos) se encontram justapostos. As propriedades dos aços dependem muito de sua estrutura cristalina, ou seja, de sua composição química, do tamanho dos grãos, de sua uniformidade. Os tratamentos térmicos bem como os trabalhos mecânicos modificam em maior ou menor intensidade alguns destes aspectos (arranjo, dimensões, formato dos grãos) e, consequentemente, podem levar a alterações nas propriedades de um determinado tipo de aço, conferindo-lhe características específicas: mole ou duro, quebradiço ou tenaz, etc.

Mesmo sendo conhecido desde a Antiguidade, o aço teve sua comercialização dificultada devido à falta de um processo de fabricação industrial. A partir das décadas de 1860, porém, ele já poderia ser produzido em grande escala através de fornos, introduzidos por Henry Bessemer, e mais tarde, em fornos de ainda maior capacidade, desenvolvidos pelos irmãos Martin (PFEIL, 2009).

As propriedades são de fundamental importância, especificamente no campo de estruturas metálicas, cujo projeto e execução nelas se baseiam. Não são exclusivas dos aços, mas, de forma semelhante, servem a todos os metais. Em um teste de resistência, ao submeter uma barra metálica a um esforço de tração crescente, ela irá apresentar uma deformação progressiva de extensão, ou seja, um aumento de comprimento. Através da análise deste alongamento, pode-se chegar a alguns conceitos e propriedades dos aços: Elasticidade; Plasticidade; Ductilidade; Resiliência; Fluência; Fadiga e Dureza (FERRAZ, 2005).

2.6 AÇO COMO ELEMENTO ESTRUTURAL

Segundo Chaves (2007), há alguns anos a estrutura em aço tornou-se mais usual em projetos de Pavilhões industriais por todo o Brasil, competindo diretamente com os projetos em estruturas pré-fabricadas de concreto. Nesse sentido, vem ganhando espaço uma vez que disponibiliza de muitas vantagens.

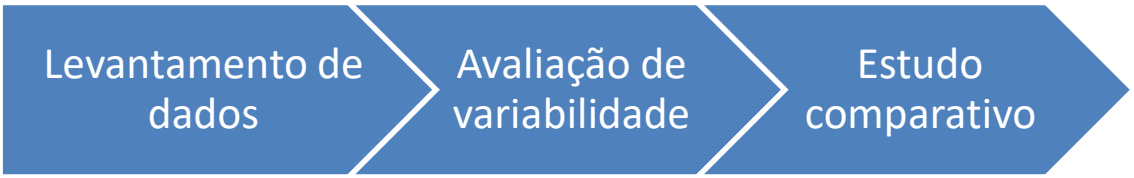
As estruturas em aço abrangem quase todo o mercado de pavilhões de um pavimento e é constituído por pórticos planos espaçados por cobertura na sua parte superior e nos seus fechamentos laterais.

Segundo Bellei (2003), as principais vantagens da utilização da estrutura em aço são as seguintes: Alta resistência do material nos diversos estados de tensão (tração, compressão, flexão e etc); Os elementos em aço oferecem uma grande margem de segurança no trabalho; São fabricados em oficina; Tem-se a possibilidade de desmontar as estruturas e posteriormente montá-las em outro local; Também podem ser reaproveitados os materiais que ficarem em estoque, ou mesmo as sobras de obra.

3 METODOLOGIA

A pesquisa trata-se de uma avaliação das propriedades mecânicas do bambu, realizada por meio de pesquisa bibliográfica sistemática. Para isso a pesquisa foi estruturada nas seguintes etapas conforme a Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2020)

3.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS

A base de dados adotada na busca de artigos foi a Scielo. O termo de busca foi “Bambu”, com o qual a foram encontrados 296. Destes artigos 31 tratavam-se da área de engenharia na qual é possível encontrar dados sobre propriedades mecânicas. Para que fossem encontrados apenas dados de resistência à tração, utilizou-se o filtro de área da Web of Science. Após esse filtro foram encontrados 10 artigos. A busca foi realizada no dia 9 de novembro de 2020. Não se aplicou corte temporal por se tratar de dados atemporais, ou seja, os dados de resistência não se alteram com o tempo.

Para a seleção dos dados adotou-se os seguintes critérios de inclusão e exclusão. O critério de inclusão foi o de artigos que determinaram a resistência à tração do bambu in natura. O critério de exclusão foi o de artigos que não determinaram a resistência à tração ou que não usaram o bambu in natura.

3.2 AVALIAÇÃO DE VARIABILIDADE

Nesta etapa buscou-se avaliar a variabilidade dos dados de resistência à tração encontrado. Para isso, adotou-se medidas de dispersão da matemática estatística como: amplitude, variância e desvio padrão. Foram usadas ainda medidas de tendência central como: média, mediana e moda. A média de tendência central analisada em conjunto com a média de dispersão são utilizadas para caracterizar a heterogeneidade da amostra, contribuindo assim para a descrição da população. Mediana é o valor que separa a metade maior e a metade menor de uma amostra, uma população ou uma distribuição de probabilidade. Em termos mais simples, mediana pode ser o valor do meio de um conjunto de dados. Moda é o número que mais se repete dentro de um intervalo.

Amplitude total ou máxima é a diferença entre o maior e o menor valor de um conjunto de dados. A variância da amostra é aproximadamente a média das diferenças ao quadrado entre cada uma das observações de um conjunto de dados. O desvio padrão de uma amostra (representado pela letra S) é definido como sendo a raiz quadrada da variância da amostra. A variância e o desvio padrão medem a dispersão “média” em torno da média aritmética, ou seja, como as observações maiores flutuam acima dela e as observações menores se distribuem abaixo dela. O coeficiente de variação dá uma ideia da precisão de um experimento ou da dispersão de um conjunto de dados. É definido como o quociente entre desvio padrão e a média, multiplicado por 100. Logo, o coeficiente de variação nada mais é do que o desvio padrão em porcentagem da média. Essa avaliação permitiu identificar a dispersão dos dados e caracterizar se os dados são homogêneos ou heterogêneos.

3.3 ESTUDO COMPARATIVO

Identificados os grupos ou faixas de resistências à tração, foi possível fazer uma avaliação comparativa com dados de resistência atração típicos do aço.

Os dados típicos de aço foram encontrados na base de dados da Science Direct utilizando a ferramenta Knovel®. Esta solução da empresa Elsevier foi desenvolvida para ajudar engenheiros a resolver problemas complexos fornecendo informações sobre práticas, equações validadas e dados sobre materiais e substâncias. Entre outras ferramentas a solução Knovel oferece tabelas e bancos de dados únicos que abrangem tudo, de dados mecânicos até propriedade químicas, dados sobre corrosão e propriedades dos materiais. Para o estudo comparativo foi realizada uma busca utilizando o termo em inglês “reinforced concrete” e selecionado filtro de propriedades “tensile strength”.

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Como resultado da busca foram analisando 10 artigos da base de dados Scielo conforme os critérios de exclusão e inclusão. Foram identificados 6 artigos que abordavam propriedades mecânicas do bambu, porém com configuração de aplicações diferentes. As propriedades mecânicas do bambu foram avaliadas como: fibra, tecido em malha trançada de fibra, partículas aglomeradas com resina, laminados colados, ripas para treliças e “talas” como reforço em substituição parcial de barras de aço.

Em virtude das aplicações variadas, o estudo das propriedades não pode ser avaliado quanto a variabilidade. A variabilidade de aplicação não permite a avaliação da dispersão dos dados por se tratarem de dados referentes a populações diferentes.

Para cumprir o objetivo do artigo, foi necessário realizar uma nova busca em outra base de dados. A base de dados escolhida para a nova busca foi a Science Direct por permitir filtros mais avançados que a Scielo. A busca foi realizada no dia 12/11/20, na qual se utilizou o termo em inglês “bamboo” e para que fossem localizados artigos com propriedades mecânicas de tração usou-se o bamboo AND seguido do termo em inglês “tensile strength”. A busca resultou em 135 artigos, e no campo “Subject areas” foi habilitado a área de engenharia (Engineering). O filtro por área resultou em 59 artigos, porém apenas 7 artigos eram “open

acess". Artigos "open acess" são artigos de acesso aberto, portanto de 59 artigos apenas 7 estão disponíveis para serem consultados na integra.

Avaliando os artigos encontrados na base de dados da Science identificou-se apenas duas seguintes aplicações do bambu como reforço de concreto em substituição ao aço. Foram ainda identificadas três aplicações do bambu como fibra, porém não é objetivo desse estudo analisar aplicação do bambu como reforço na forma de fibra.

4.2 ANÁLISE DA VARIABILIDADE

Os dados de tração obtidos nos artigos que usaram o bambo com reforço em concreto encontrados em todas a buscas foram avaliados quanto a variabilidade. Foram encontrados no total de 3 artigos que avaliaram o do bambu como reforço em concreto em substituição parcial ao aço. Os dados e as medidas de dispersão e de tendência central contam na Tabela 1.

Tabela 1 – Medidas de dispersão e tendência central dos dados de tração.

Tração (MPa)	Média	Mediana	Moda
2,50	3,57	3,85	0
2,80	Desvio padrão	0,78	
3,00			
3,85	Amplitude	1,83	
4,20			
4,33	Variância	0,62	
4,33	Coeficiente de variação	21,95	

Fonte: Autoria própria (2020).

Os ensaios dos artigos Tsutsumoto (2019) e Karthik, Ram Mohan Rao, Awoyera (2017) foram realizados em vigas de concreto com as barras de bambo. Esses estudos não determinaram a resistência tração direta, mas a resistência a tração na flexão. Para converter esses dados em tração direta usou-se a relação de tração direta e tração(ft_d) na flexão de 0,7 ft_f.

Avaliando a dispersão dos dados pelo valor do desvio padrão, observa-se que o desvio padrão é menor que a média. O coeficiente variação é inferior a 100% indicando que a variação dos dados é baixa. A variância mostra o quanto os valores estão distantes da média. Observa-se que a variância é menor que o desvio padrão. É possível dizer que além dos dados apresentarem dispersão relativamente baixa em relação à média, os valores apresentam-se mais próximos da média. Quanto a amplitude, observa-se que os dados apresentam uma diferença de 1,83 entre os valores extremos, sendo menor que a média indica baixar variabilidade.

Quanto a medida de tendência central, analisando a mediana, indica que 50% dos valores são menores que 3,85 e 505 são maiores que 3,85%. Quanto a moda sendo nula indica que não a repetição de nenhum valor. Esses resultados demonstram que apesar da variabilidade tender a ser baixa o número de amostras, é muito baixo para fazer qualquer interferência sobre a homogeneidade dos dados.

4.3 ESTUDO COMPARATIVO

O resultado da busca foi apresentado na forma de tabelas, e foram encontrados 3 artigos com o termo buscado. Porém apenas um resultado apresentava dados de tração de concreto armado, o qual corresponde a publicação do livro Introduction to Metallurgy (COTTRELL, 1975). Conforme os dados desta publicação o concreto armado de 14 MPa, esse valor diverge dos valores dos concretos de referências dos artigos selecionados. Com relação, a média dos dados avaliados dos artigos encontrados, estão inferiores a 14 MPa. A média dos dados que correspondia 3,57 MPa indica que a ruptura por esforço de tração do concreto com reforço de barras de bambu ocorre juntamente com o concreto. Isso significa

que o bambu como barras de reforço em substituição ao aço no concreto armado apresenta desempenho na tração direta inferior ao concreto armado com aço.

5 CONCLUSÃO

O estudo ao avaliar as propriedades mecânicas do bambu por meio de dados secundários, foi possível analisar a substituição do aço pelo bambu. A análise demonstrou que o bambu utilizado em concreto como substituinte do aço apresenta resistência inferior ao concreto armado com aço. Porém, considerando que as pesquisas foram realizadas baseadas em artigos disponíveis nas bases de dados, o baixo número de artigos compromete a representatividade do estudo. Ao mesmo tempo que indica que os poucos estudos utilizando o bambu como reforço em concreto em substituição ao aço não é recomendado. O levantamento de dados demostrou que a maioria dos artigos encontrados que utilizam bambu em suas pesquisas é na forma de fibra. O que justifica, uma vez que na forma de fibras o bambu confere melhor desempenho mecânico ao concreto.

Portanto, não é possível confirmar que as propriedades mecânicas do bambu são equivalentes à do aço avaliando sua aplicação em concreto como reforço em substituição a barras de aço. As lacunas encontradas no estudo foram com relação ao número de dados, o qual foi muito baixo. Seria necessário pesquisar em outras bases de dados ou a dados de acesso restritos. O estudo apresenta como recomendação para estudos futuros avaliar o uso do bambu em concreto como reforço na forma de fibra. Outra sugestão seria o uso de bambu como sistema estrutural aonde de fato suas propriedades são equivalentes ao aço.

REFERÊNCIAS

[1] ASKELAND, D. R. Ciência e engenharia dos materiais. São Paulo: Cengage learning, 2013.

[2] BARBIERI, João Carlos Cordeiro; BARBOZA, Aline da Silva Ramos; SILVA,Marcelle Maria Correia Pais. Avaliação do uso de bambu como materialalternativo para a execução de habitação de interesse social, 2008.

[3] BARROS LARAIA, R. ''Cultura: Um conceito antropológico''. 24º edição. Rio de Janeiro: ZAHAR, 2009. p.117.

[4] BRASIL. Lei 12.484, de 8 de setembro de 2011. Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12484.htm>.

[5] BELLEI, I. H. Edifícios Industriais em aço: Projeto e cálculo. São Paulo, 2003.

[6] BISWAS,Subhankar; SHAHINUR, Sweety. Physical, Mechanical and Themal Properties of Jute and Bamboo Fiber Reinforced Unidirectional Epoxy Composites. Artigo Científico, 2015.

[7] COTTRELL, A. (1975). Introduction to Metallurgy (2nd Editio). Maney Publishing for IOM3, the Institute of Materials, Minerals and Mining

[8] CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. Lâmpada Elétrica. 2017. Disponível em: <http://memoriadaeletricidade.com.br/Default.asp?pag=6&codTit1=44304&pagina=destaques/almanaque/invencoes&menu=388&iEmpresa=Menu>.

[9] CHAVES, M. R. Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões industriais leves. Ouro Preto, 2007.

[10] FERREIRA, G. C. S. Vigas de concreto armadas com bambu. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 2002.

[11] FERRAZ, Henrique. Aço na Construção Civil – Artigo Científico. São Carlos, 2005.

[12] FOLHA LITORAL. Bambu faz de Ibiraçu polo de excelência em derivados da planta. Jornal Folha do Litoral, Aracruz, 23 jun. 2017. Economia, p. 09. Disponível em: <http://www.folhalitoral.com.br/site/index.php?p=noticias_ver&id=7477>.

[13] GHAVAMI, K. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. Cement e Concrete Composites. Vol. 27 (2005) pag. 637–649.

[14] GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B. . Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mosó, Matake, Guadua angustifólia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia. Rio de Janeiro: PUCRJ- Departamento de Engenharia Civil, 2001. 53 p.

[15] GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifólia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.9, n.1, p.107-114, 2005.

[16] HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. Bamboo the gift of the gods. Bogotá: D'Vinni, 2003. 553 p.

[17] JANUÀRIO, Flávio José; LUDOVICO, Antonio Beraldo – Tableros de Partículas de Bambú (Bambusa vulgaris Schrad) y Resina Poliruetana a Base de Aceite de Rícino (Ricinus communis L.). Artigo Científico. Universidade Estadual de Campinas, 2010.

[18] KANAYO, Kenneth Alaneme; OLUWATOSIN, Michael Bodunrin. Microstructure, mechanical and fracture properties of groundnut shell ash and sílicon carbide dispersion strengthened aluminium matrix composites. Artigo Científico, 2016.

[19] MADE, Gusti oka; ANDREAS, Triwiyono. Effects of node, internode and height position on the mechanical properties of gigantochloa atroviolacea bamboo. Artigo Científico, 2014.

[20] MATEUS, Douglas de lima; MENDES, Mariana Mendes – Avaliação de Desempenho Estrutural de Treliças Howe de Bambu Laminado colado. Artigo Científico. Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

[21] MATEUS, Douglas de lima; MENDES, Mariana Mendes – Avaliação do Comportamento de Vigas de Bambbu Laminado Colado Submetidas à Flexão. Artigo Científico. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

[22] MILENA, M. E. Costa; SANTINO, L. S. Melo: Influence of Physical and chemical Traetments on the Mechanical Properties of Bamboo Fibers. Artigo científico, 2017.

[23] MORA, Lena Rodríguez; HERNÁNDEZ, Jorge F. González – El Tablero de Bambú Prensado, uma nueva Propuesa Tecnológica. Universidade Central Marta Abreau de Las Villas, CUBA, 2008

[24] MORA, Lena Rodríguez; ÁLVAREZ, Emílio García – Determinación de Propiedades Mecánicas de Las Fibras de Bambusa Vulgaris a Utilizr em Tableros Prensados. Universidade Central de Las Villas, CUBA, 2009

[25] N. Y. TSUTSUMOTO; J. L. P. MELGES – Analysis of Concrete Beams with Additional Reinforcement of the Bambooo Splints. Artigo Científico. Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, 2019.

[26] PADOVAN, Roberval Bráz. O Bambu na Arquitetura: Design de conexões estruturais. 2010. 184 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru – SP, 2010.

[27] PEIXOTO, Luciana Kaviski. Sistema construtivo em bambu laminado colado: proposição e ensaio do desempenho estrutural de uma treliça plana do tipo Warren. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9731/1/2008_LucianaKaviskiPeixoto_reduzida.pdf >.

[28] PFEIL, W; PFEIL, M. Estruturas de Aço –Dimensionamento Prático.8º ed. Rio de Janeiro, RJ. Ed LTC, 2009.

[29] PFEIL, W; PFEIL, M. Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático. 8º ed. Rio de Janeiro, RJ. Ed LTC, 2009.

[30] SIDERURGIA BRASILEIRA: PRINCÍPIOS E POLÍTICAS. INSTITUTO DE AÇO BRASIL. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/publicacoes.asp>.

[31] S. KARTHIK; MOHAN, P. Ram Roa. Strength properties of bamboo and steel reinforced concrete containing manufactured sand and mineral admixtures. Artigo científico, 2016.

[32] TEIXEIRA, Anelizabete Alves. Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006. Disponível em: < http://repositorio.unb.br/handle/10482/5185>.

[33] VLAD, Dorin; CIOCA, Lucian-Lonel. Research Regarding the Influence of Raw Material and Knitted Fabric Geometry on the Tensile Strength and Breaking Elongation. Artigo Científico, 2016.

[34] WAHYUNI, Ade Sri; SUPRIANIM, Fepy. The performance of concrete with rice husk ash, sea shell ash and bamboo fibre addition. Artigo científico, 2014.

Capítulo 10

Controle e correção do pH do solo da construção civil: Referencial teórico

Karla Bianca Brasil da Silva
Saymon de Souza Albuquerque

Resumo: Esse estudo tem como objetivo, mostrar a partir de revisão bibliográfica o que dizem os autores quanto ao uso dos resíduos descartados do gesso provindos da construção civil como alternativa para tratar do PH do solo e evitar a acidez do mesmo, funcionando como uma alternativa de reciclagem para diminuição da quantidade de descartes do gesso e diminuir impactos ambientais ocasionados por eles. Através da análise bibliográfica exploratória, compreende-se quais os problemas apresentados pelo solo e como são ocasionados e o funcionamento do gesso como medida corretora ou neutralizadora desses problemas. Nos estudos analisados pode-se verificar que o gesso apresenta ótimos resultados quando aplicado ao solo, combatendo os problemas de saúde do solo, melhorando e corrigindo seu PH e melhorando a fixação dos minerais necessários para seu desenvolvimento. Por meio da pesquisa, pode-se verificar que existem formas de diminuir a grande disposição de rejeitos do gesso provindos da construção civil, mas o foco principal que é o seu uso na agricultura através da moagem é uma delas, mostrando-se eficiente.

Palavras Chave: Reciclagem do gesso, sustentabilidade, solo.

1 INTRODUÇÃO

O problema da grande disponibilização de rejeitos de materiais da construção civil sempre foi pertinente, porém sempre procurando novas formas de reutilização desse material para minimização de impactos ambientais, o Conama em 2002 criou uma resolução para informar de quais formas esses materiais da construção podem ser reutilizados de forma sustentável.

O gesso é um material de uso constante, visto que é uma solução de baixo custo e de fácil instalação e prática. No entanto, gera muitos resíduos e nem sempre o manejo é feito da maneira correta. A grande geração de rejeitos do gesso apresenta problemas para o solo, pois em sua composição contém elementos que provocam reações tóxicas se entram em contato com o solo, podendo contaminá-lo de forma extensa atingindo os lençóis freáticos.

A resolução 304 do Conama (2002) indica a leva desses resíduos para locais separados de outros materiais, afim de que se possa dar um destino final a eles, como aterros industriais, área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Dessa forma, um dos resíduos que mais encontra-se disposto e em grande quantidade é o do gesso, e assim levanta-se o seguinte questionamento, "Como reutilizar os resíduos do gesso de forma a trazer benefícios para o ambiente? ". Assim, uma revisão bibliográfica foi feita e encontrou-se vários usos do gesso pós-obra e a que será abordada nesse trabalho é no âmbito da agricultura como composto para o solo, explanando os benefícios de seu uso para a saúde do solo como corretor de PH e neutralizador de sua acidez.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um dos setores de onde provém uma grande quantidade de resíduos sólidos. Desse modo, procura-se sempre formas de fazer seu gerenciamento correto, a fim de minimizar os impactos ambientais causados pela grande disposição dos mesmos. Nagalli (2014) afirma que, "O gerenciamento dos resíduos se fundamenta principalmente em estratégias de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado dos resíduos sólidos".

Sendo assim, o gerenciamento correto baseia-se em práticas que visem a redução de resíduos descartados de forma inadequada no meio ambiente. Essa prática na construção civil não só diminui os gastos com materiais como também cumpre o papel ecológico e sustentável.

Com essa preocupação ambiental no setor que mais gera resíduos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), lançou a resolução 307 de 5 de julho de 2002, que trata das diretrizes e procedimentos para melhor gestão dos resíduos da construção civil, de forma a definir as melhores ações a serem tomadas para todo tipo de resíduo.

Os resíduos provenientes da construção civil recebem o nome de Resíduos da Construção Civil (RCC). Esses resíduos são materiais que não têm mais serventia em uma obra e que são descartados por não terem uma aplicação posterior.

Segundo a resolução 307, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) são resíduos da construção civil:

Provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha; (Conama, 2002, p.3).

No entanto, muitas vezes esses materiais não encontram um descarte correto, pois nem todos possuem um local destinado para fazer sua reciclagem ou nem todos contam com uma tecnologia para seu reuso, ou muitas vezes os mesmos são descartados de maneira mista, não havendo sua separação prévia. Assim, acabam por serem despejados a céu aberto e causando impactos ambientais, sendo por conterem substâncias perigosas em sua composição e assim acabam caindo no solo ou por promover a proliferação de vetores de doenças (Rocha et.al, 2018, p.35)

Por outro lado, há os materiais que recebem outra destinação após haver o seu rejeito, desde o seu uso para fabricação de outras matérias através do chamado beneficiamento, que por definição do Conama 307 (p.2, 2002) é o ato de submeter o resíduo a operações ou processos que tenham como objetivo deixá-los em condições onde permitam ser usados como matéria-prima ou produto.

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

A Resolução 307 de 2002 do Conama informa cada resíduo se enquadra em uma classificação para que receba uma finalidade e o tratamento correto. Contando com quatro classes, cada uma contém sua destinação, ou seja, seu uso especifico após a separação e reciclagem dos mesmos, conforme a tabela 1.

Tabela 1- Classes de Resíduos da Construção Civil, mostrando quais podem ser reciclados segundo o Conama 307.

Classes de Resíduos da Construção Civil Conama 307	
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B	São os resíduos recicláveis para destinações diversas, não sendo as da classe A. Como por exemplo, madeira, papelão, plástico e outros.
Classe C	Na classe C, estão os materiais que não podem ser reciclados por não haver tecnologia desenvolvida viável para fazer sua recuperação, como o caso do gesso.
Classe D	Na classe D, estão os resíduos perigosos, provenientes da sobra de tintas, vernizes, óleos e todo aquele material que contenham substâncias prejudiciais à saúde humana, que tenham sido originados de demolições, reparos, clinicas radiológicas, industrias e outros.

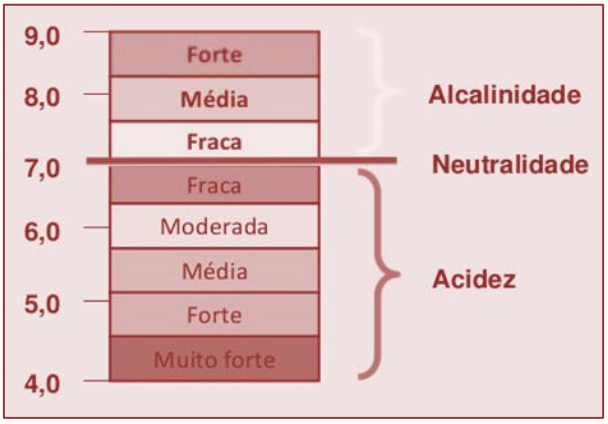
Fonte: Autoria própria (2020).

A resolução também define que cada classe de material é destinada para áreas especificas a serem descartados, pois dependendo do tipo, deve haver uma preparação do terreno ou local, como no caso dos materiais da classe D, o local de destino deve ser revestido para que as substâncias não cheguem ao solo. Segundo Conama (2002), “os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei”.

2.3. ACIDEZ E PH DO SOLO

PH ou potencial hidrogeniônico é a quantidade de hidrogênio contida no solo. Possui níveis nos valores de 0 a 14, sendo de 0 a 6, ácido; 7 como neutro; e acima de 7, alcalino. Na figura 1, está mostrado o esquema das faixas de acidez e alcalinidade encontrados em solos agrícolas.

Figura 1- Faixas de acidez e alcalinidade encontradas em solos agrícolas



Fonte: Lopes, 1989.

Através de testes para aferir o PH, pode-se verificar o fator da acidez contida no solo e dessa forma corrigi-lo da melhor forma com métodos chamados de estabilização do solo.

De acordo com Monte Serrat (2002), o ambiente ácido no solo permite o aparecimento de elementos tóxicos, como o alumínio (AL). A presença dos elementos cátions necessários também ajuda na neutralização do alumínio no solo, trazendo melhor saúde para o solo e neutralizando a acidez decorrente da grande quantidade desse elemento.

Existe, no entanto, solos que são naturalmente pobres nos elementos fundamentais ou que ficaram nessa condição devido as transformações ocasionadas por humanos que favorecem a retirada dos elementos básicos do solo.

De acordo com Prochnow (2014), o solo possui uma tendência natural a se acidificar, sejam por motivos naturais ou por modificações, através do manejo, por conta de certas culturas, adubação nitrogenada, decomposição de matéria orgânica, erosão, fertilização, são fatores que colaboram com o aumento da acidez do solo.

Á vista disso, o solo pode se tornar ácido por fatores naturais, seja pelo seu tipo de solo que tenha um PH natural dessa forma, chuvas que ao entrar no solo promove sua erosão ou de forma artificial, através da alteração na sua estrutura, uso de substâncias para ajudar a melhorar a performance do solo e certos tipos de plantas que contribuem com esse processo.

2.4. CORREÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DO MÉTODO DE CALAGEM

Cada cultura necessita de certas condições para se desenvolver, seja uma determinada acidez de solo, ficar na sombra, regar várias vezes ao dia. E deve existir o preparo correto do solo para receber certos tipos de plantas, como a correção de sua acidez.

De acordo com Caires (2013), “Para a correção e melhoria da acidez de um solo o uso de calcários é o mais eficaz e eficiente para o desenvolvimento total das culturas, esse processo é chamado de calagem”.

O processo da calagem se dá de forma a corrigir o solo através do uso de calcários fornecendo suprimento de cálcio e magnésio para as raízes das plantas, estimulando seu crescimento radicular, e auxiliando as plantas na tolerância a seca.

Para Prochnow (2014), “No método da calagem a ser empregado na correção do solo, devem ser levados em conta diversos fatores como, fontes de calcário disponíveis, quantidade da dose a ser usada, a correta aplicação e condições do campo onde será aplicado”.

A forma de calagem é a mais utilizada usando as fontes já citadas, no entanto existem outras formas que também são eficazes no processo de correção da acidez do solo por conta do manejo e por combater os efeitos negativos sobre as plantas. No fator fonte de calcário, existem duas fontes de onde podem ser extraídos o calcário, são elas: calcário calcítico e calcário dolomítico.

O calcário calcítico é obtido através da moagem de minérios para sua utilização posterior. Sua qualidade depende da quantidade de pureza, quando puro possui 40% de Ca e 60% de CaCO3. O calcário dolomítico ou magnesiano obtido através de rocha que contém misturados CaCO3 e carbonato de magnésio (MgCO3), usado na agricultura quando o solo apresenta deficiência de magnésio e a fonte escolhida deve ser essa (Korndörfer, 2010).

2.5. COMO FUNCIONA O MÉTODO DE CALAGEM

O ambiente do solo é formado por trocas catiônicas a todo instante, no momento que o solo se torna deficiente de algum mineral ou elemento é necessário aplicar a correção para cada caso.

De acordo com Unifertil (2010), "O calcário é o elemento que é obtido através da moagem da rocha calcária, tornando-se pó, modo esse que facilita bastante sua chegada até camadas mais profundas do solo".

Assim sendo, a rocha calcária no processo de calagem é usada numa granulometria menor para chegar até camadas mais profundas do solo, pois com tamanhos de grãos maiores não conseguiria atingir seu objetivo de chegar até o final das raízes, ficando em camadas mais superficiais.

Em vista disso "O processo da calagem inicia-se com a leva de uma amostra do solo para análise de propriedades químicas, de acordo com o resultado obtido é utilizado uma determinada quantidade de calcário em um determinado tempo". (Unifertil, 2014).

Assim, o processo da calagem inicia com a análise de forma criteriosa do solo, através da leva de amostras para laboratório, onde são submetidos a testes para determinar o PH presente naquele solo, para então ser indicado a quantidade correta a ser usada em um determinado tempo para que o solo atinja a performance requerida.

Apenas para solos com resultados de PH inferiores a 6, é utilizado o método da calagem entre 0 a 20cm de solo, com pelo menos 90 dias de antecedência ao plantio, sendo necessário repetir esse processo por pelo menos a cada 2 ou 3 anos. (Unifertil, 2014, p.2)

É importante frisar que o calcário no solo precisa de umidade para reagir. Assim, dependendo da região, essa aplicação deve ser feita antes dos 3 meses. Por isso, é importante realizar um bom planejamento para efetuar a análise do solo meses antes da implantação da cultura.

2.6. IMPORTÂNCIA DA CORREÇÃO DO SOLO

Um solo para ter a saúde e crescimento necessário precisa dos seus nutrientes completos em equilíbrio. Tal cenário é composto por elementos químicos sem a presença de metais pesados que levam a acidez ao solo.

De acordo com Caires (2013), é importante a correção do solo pois há melhorias e contribuição para minimização das perdas de solo e de nutriente pelo processo de erosão.

Porém, outro benefício da correção solo é que se feita de maneira correta, ao longo dos anos pode trazer benefícios a camadas mais profundas do solo, melhorando o desenvolvimento das raízes das plantas.

Segundo AFOCAPI (2010), a correção propicia o aumento do sistema radicular das plantas, resistência à seca com maior absorção de água e nutrientes, melhorando a convivência com pragas de solo, aumentando o número de cortes e consequentemente a produtividade.

Figura 1 - Amostra de duas raízes, uma com efeito do alumínio e a outra não, combatida pela calagem.

Fonte: Ferreira et. al, 2006.

A figura mostra duas raízes, uma atingida pelo alumínio em abundância no solo e a outra após a calagem e correção do solo, desenvolvida de forma correta e saudável. Essa correção proporciona a melhoria no desenvolvimento do tamanho das raízes, melhora a saúde das plantas, auxilia na melhoria da fixação dos nutrientes nas raízes das plantas, ajuda nas resistências a bactérias e fungos do solo.

Um artigo publicado pela Unifertil, destaca uma das importâncias de se ter a correção do solo existe o aumento da saturação de bases, promovendo a disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, propiciando um aumento da produtividade das culturas (Unifertil, 2014).

2.7. GESSO COMO ALTERNATIVA DA CALAGEM

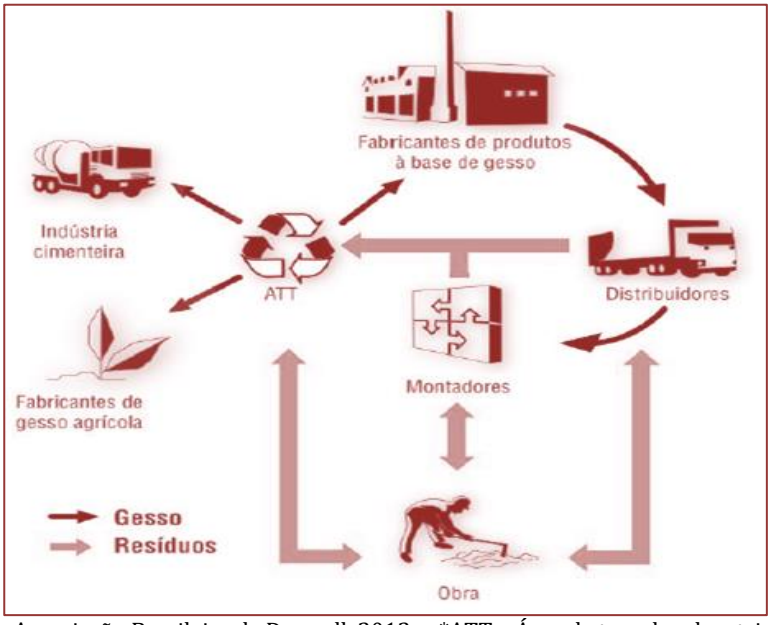
Outras alternativas se tornam eficazes no processo de calagem, e que podem ser usadas em situações especiais. Uma das formas alternativas é a utilização do resíduo do gesso provindo da construção civil nesse processo.

A EMBRAPA (2011), afirma que uma das formas de reciclagem e reutilização do gesso seria na correção do solo. A correção da acidez e dos teores tóxicos de Al na subsuperfície pode ser feita com gesso agrícola. O seu uso é recomendado quando na camada subsuperficial (20-40) a saturação por alumínio for superior a 20% e/ou a saturação de cálcio for menor que 60% da CTC efetiva.

Nesse contexto, o uso do resíduo reciclado do gesso é o de corretivo para o solo. Pois o mesmo tem as mesmas propriedades do gesso agrícola, por isso é usado como alternativa para o mesmo. Porém existem algumas restrições para o seu uso no solo. Sendo usado apenas nas camadas subsuperficiais do solo e apenas quando o alumínio e cálcio atingirem determinadas porcentagens.

Silva et al (2015), informa que para utilizar o gesso provindo da construção civil na agricultura, o mesmo terá que passar por um processo de reciclagem que se constitui da coleta do material, separação do material ou triagem, envio para moagem e aplicação em solo.

Figura 21- Fluxograma do processo de reciclagem do gesso.



Fonte: Associação Brasileira de Drywall, 2012. – *ATT – Área de transbordo e triagem.

A figura mostra o processo de reciclagem do gesso, todas as etapas pelo qual o gesso é submetido para virar no processo final outros produtos de gesso ou para serventia na agricultura, para esse fim o processo é diferente, pois o mesmo não passa por todos os passos, apenas até a parte de trituração, ficando em uma granulometria adequada para o solo.

2.8. PROBLEMAS DA FALTA DE CORREÇÃO

Segundo Prochnow (2014), "Se não combatida, a acidez causa problemas para a cultura, em questão de seus rendimentos, fazendo a planta não atingir seu máximo desempenho, ocasionando perdas financeiras para o produtor além de impactos ao ambiente".

A presença do Al reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento de plantas sensíveis a esse elemento.

Nos estudos de Foy (1976) e Kochian (1995), constatou-se que as raízes danificadas por alumínio são caracteristicamente curtas, grossas e quebradiças, com poucas ramificações finas, e são, portanto, pouco eficientes na absorção de água e de nutrientes do subsolo.

Outra consequência da acidez do solo é a diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes, como o fósforo (P), que é fixado pelo Al ficando indisponível para a absorção pelas plantas (Unifertil, 2014).

Dessa forma, por conta da acidez no solo há pouca disponibilidade de nutrientes, o que propicia o ambiente para entrada de hidrogênio, por seguinte o alumínio e esse elemento se fixa nas raízes das plantas não deixando outros elementos essenciais chegarem até as raízes, sendo levados pela água das chuvas.

Em geral, nos solos tropicais, ricos em óxidos de ferro e alumínio, os teores de fósforo são muito baixos. O fósforo é fixado de forma pouco reversível nesses óxidos, tornando-se indisponível para as plantas (Rosco e Gitti, 2014).

Sendo assim, em solos que apresentam quantidades elevadas de metais, parte do fosforo disponível fica fixada, formando então compostos de ferro e alumínio, ficando indisponível para absorção das raízes.

3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi uma pesquisa bibliográfica sobre os resíduos gerados na construção civil, pois essa atividade econômica é uma enorme geradora de resíduos sólidos. Devido a esse fator sempre busca-se inúmeras maneiras de se fazer esse gerenciamento correto visando minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto desses materiais.

Com base nos dados obtidos continuamos nossa pesquisa focando na classificação desses resíduos de acordo com normas vigentes no país para estes recebam uma finalidade e tratamento adequados. Após a coleta desses dados o próximo passo foi pesquisar sobre a acidez e ph do solo e como encontrar alternativas para corrigi-lo. A partir desse ponto adotamos como alternativa para essa correção do solo o método de calagem e então pesquisamos mais sobre o seu funcionamento.

Foi feito um levantamento sobre a importância da correção do solo pois há melhorias e contribuição para minimização das perdas de solo e de nutriente pelo processo de erosão e ao longo dos anos pode trazer benefícios a camadas mais profundas do solo, melhorando o desenvolvimento das raízes das plantas. O solo possui uma tendência natural a se acidificar, sejam por motivos naturais ou por modificação através de manejo. Devido a esse contexto destaca-se a importância dessa correção para se prevenir os problemas que serão causados pela falta dessa correção. E vimos os muitos problemas que a falta dessa correção adequada do solo pode ocasionar ao longo do tempo.

Após todas essas pesquisas optamos por escolher os resíduos do gesso gerado na construção civil como alternativa no método de calagem, pois ele é encontrado em praticamente todos os canteiros de obra no país e quase sempre é descartado de maneira irregular ou inadequada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos estudos analisados durante a revisão bibliográfica, pode-se chegar aos seguintes resultados:

O valor do desperdício do gesso durante a sua aplicação é maior que 45% da quantidade de gesso utilizado, afirma Dias (1994). Ou seja, na construção civil, sofre-se uma grande perca do material durante a aplicação em serviços, o que aumenta a geração de resíduo desse material e por conta da falta de gerenciamento do mesmo acabam não recebendo o destino devido.

Usualmente, o tratamento desse gesso pelas construtoras não é feito da maneira correta, pois seu descarte é feito no mesmo local de outros materiais, ficando assim, dificultosa a separação desse material para reciclagem por conta da contaminação que sofre. Após seu descarte, esse material é levado para aterros ou vão parar em terrenos baldios e acabam por contaminar o solo, pois em sua composição têm elementos que ao reagir com o solo libera íons e altera a alcalinidade do solo, o que segundo o Conama 307 (2002), não é permitido.

No âmbito da sustentabilidade, a Resolução 307 do Conama informa que o passo para o correto reuso do gesso, é necessário apenas a separação correta desse material, para que o mesmo seja enviado a trituração e terá um destino na agricultura. Não sendo necessário passar por outras etapas, o que traria custos maiores para o processo, pois contaria com contratação de serviço terceirizado para levar os descartes até o aterro e depois para usina de trituração do gesso, a reciclagem reduz esses custos.

No âmbito da agricultura, o gesso provindo da reciclagem dos resíduos da construção civil pode render resultados similares aos do gesso agrícola, pois contém em sua composição o calcário, sendo uma das destinações corretas do gesso após sua inutilização. Ao ser triturado, o gesso fica na granulometria ideal para ser usado no solo, e apresenta a característica de retenção de água, o que ajuda na fixação dos elementos do solo as raízes das plantas que podem ser arrastados por conta de chuvas intensas.

Nos estudos analisados pode-se verificar que o gesso apresenta ótimos resultados quando aplicado ao solo, combatendo os problemas de saúde do solo, melhorando e corrigindo seu PH e melhorando a fixação dos minerais necessários para seu desenvolvimento. Apresentando bons resultados se usado em 20 até 60 cm de solo, ou dependendo do percentual de alumínio, possui os compostos básicos do gesso, porém se o solo necessitar de mais algum elemento será necessário fazer adições a esse gesso, de forma a corrigir da melhor forma o solo.

Assim, a separação correta do gesso após seu desuso para reciclagem é a maneira ideal de se contribuir para a sustentabilidade de uma obra e minimizar impactos ambientais do descarte incorreto que podem gerar consequências para o solo, como sua contaminação por componentes tóxicos devido reações com

elementos que compõem o gesso, dessa forma o ideal é levar os rejeitos para o local de trituração de forma a evitar essa intoxicação do solo.

A preocupação com o gerenciamento correto de materiais vindo de um setor de onde se provem muitos rejeitos é importante para que se tenha menos impactos ambientais, além de gerar menos custos, dessa forma, encontra-se a solução no beneficiamento, onde pode-se usar todo esse resíduo de outra forma ou transformá-los em outro produto.

5. CONCLUSÃO

Diante do que fora analisado nos estudos para revisão bibliográfica, pode-se perceber que o gesso exerce muito bem sua função na agricultura podendo ser usado em até três vezes em sua reciclagem, sendo também uma das formas apresentadas para seu uso sustentável dentro das determinações do Conama norma 307 de 2002.

Analisando os estudos verificou-se que muito se fala sobre o gesso agrícola e suas características e comportamento mediante ao solo, dessa forma, pode-se encaixar o gesso reciclado da construção civil como uma alternativa equiparada, pois apresenta as mesmas composições e ao sofrer trituração pode ser usado em solo.

Mediante aos resultados encontrados por meio da pesquisa, pode-se verificar que existem formas de diminuir a grande disposição de rejeitos do gesso provindos da construção civil, mas o foco principal que é o seu uso na agricultura através da moagem é uma delas, mostrando-se eficiente, pois necessita de uma grande quantidade, visto que ao reduzir sua granulometria diminui-se o volume, por tanto é necessário bastante material.

De forma geral, a pesquisa conseguiu atender aos objetivos, conseguindo mostrar que o gesso após seu uso em construções e reformas e sendo descartadas as suas sobras, seu ciclo não se encerra, podendo ser usado de forma sustentável e eficaz na agricultura através de sua reciclagem, mostrando-se muito viável nessa área para neutralização dos problemas enfrentados pelo solo.

Para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação experimental em uma empresa, para reciclagem dos rejeitos do gesso na agricultura, seguindo os passos da resolução 307 do Conama para separação dos resíduos, em um pomar da própria obra, como solução sustentável.

REFERÊNCIAS

[1] AFOCAPI. MÉTODOS DE CORREÇÃO DO SOLO. Laboratório do solo, [*S. l.*], p. 1-5, 5 abr. 2010. Disponível em: http://www.cana.com.br/afocapi/METODOS_DE_CORRECAO_DO_SOLO.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[2] CAIRES, Eduardo Fávero. Correção da Acidez do Solo em Sistema Plantio Direto. Informações Agronomicas, [*S. l.*], p. 1-13, 8 mar. 2013. Disponível em: http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/$FILE/Page1-13-141.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[3] CAVALCANTE, Claudio Felipe Boer; MIRANDA, Antonio Claret Pereira de. ESTUDO SOBRE ALTERNATIVAS PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO ORIUNDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. VII EPCC - Encontro Internacional de Produção Cientifica , [*S. l.*], p. 1-4, 5 abr. 2006. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/claudio_felipe_boer_cavalcante.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[4] CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 307. Resoluções do Conama, [*S. l.*], p. 1-4, 5 jul. 2002. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[5] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ).

[6] Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

[7] JOHN, Vanderley M.; CINCOTTO, Maria Alba. ALTERNATIVAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO. Universidade de São Paulo Escola Politécnica, [*S. l.*], p. 1-9, 3 maio 2003. Disponível em: https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/SandroD.Mancini/Alternativas_para_gestao_de_resiudos_de_gesso_v2.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[8] NAGALLI, André. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/28434298/Gerenciamento_de_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos_na_Constru%C3%A7%C3%A3o_Civil_2014_-_Andr%C3%A9_Nagalli.PDF. Acesso em: 8 out. 2020.

[9] NETO, Carlos De Melo E Silva; CARNEIRO, Vandervilson Alves; RIBEIRO, Anna Clara Chaves; OLIVEIRA, Thalles Martins De; GONÇALVES, Bruno Bastos. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA INCREMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE CROTALARIA RETUSA. BG Journal - Brazilian Geographical Journal, [*S. l.*], p. 1-18, 1 jun. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/298351815_UTILIZACAO_DE_RESIDUOS_DE_GESSO_DA_CONSTRUCAO_CIVIL_PARA_INCREMENTO_NO_DESENVOLVIMENTO_DE_CROTALARIA_RETUSA. Acesso em: 8 out. 2020.

[10] NOGUEIRA, Jesus Charles do Amaral; SILVA, Verônica Rodrigues da; ALMEIDA, Thiago da Silva; FEITOSA, Alan de Oliveira; JUNIOR, Antônio da Silva Sobrinho. CONSTRUÇÕES COM SOLO-CAL: CONSIDERAÇÕES SOBRE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA A UMA COMUNIDADE NA CIDADE DE JOÃO PESSOA: SOIL-LIME CONSTRUTIONS: CONSIDERATIONS ABOUT TECNOLOGY TRANSFER TO A COMUNITY IN THE CITY OF JOÃO PESSOA. Interscientia, [*S. l.*], p. 1-14, 5 abr. 2006. Disponível em: https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/download/523/402/. Acesso em: 8 out. 2020.

[11] PROCHNOW, Luís Ignácio. Avaliação e Manejo da Acidez do Solo. Informações Agronomicas - Jornal nº 146, [*S. l.*], p. 1-5, 5 jun. 2014. Disponível em: http://www.abracal.com.br/arquivos/documentos/IPNI_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Manejo%20da%20Acidez%20do%20Solo_jun2014-1.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[12] ROCHA, Patrícia Maria Reckziegel Da; CONTO, Angela Gabriela De; GIESE, Thomas Guinter; BRANDALISE, Loreni Teresinha; FAVERO, Eveline; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor. RECICLAGEM DO GESSO PARA USO NA AGRICULTURA SOB OS ASPECTOS ECONÔMICO E AMBIENTAL. Recat - Revista eletrônica ciências da administração e turismo, [*S. l.*], p. 1-18, 5 jul. 2008. Disponível em: http://incubadora.periodicos.ifsc.edu.br/index.php/ReCAT/article/view/368. Acesso em: 8 out. 2020.

[13] ROSCOE, Renato; GITTI, Douglas de Castilho. Manejo e Fertilidade do Solo para a Cultura da Soja. Tecnologia e Produção: Soja, [*S. l.*], p. 1-30, 8 jun. 2013. Disponível em: http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/172/172/newarchive-172.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[14] Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

[15] UNIFERTIL. Calagem: Importância e Aplicação. Artigo nº 6, [*S. l.*], p. 1-4, 3 maio 2014. Disponível em: http://unifertil.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Artigo-n%C2%BA-6-Calagem-Import%C3%A2ncia-e-Aplica%C3%A7%C3%A3o-min.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[16] VITTI, Godofredo César; PRIORI, Júlio César. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. Fertilidade, [*S. l.*], p. 1-5, 5 jun. 2010. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Fertilidade01.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

Capítulo 11

Perfilamento à laser para detecção de vias fluviais no meio urbano em Manaus.

Sabrine dos Santos Carvalho
Larissa Costa da Paixão
Igor Bezerra de Lima
Sara Santarém

Resumo: A velocidade da urbanização e seu crescimento irregular são constantemente notados em construções nas áreas próximas a rios e igarapés em Manaus, para tentar reverter essa situação, coloca-se em evidência a necessidade de detalhamento e atualização das localizações dos mesmos de forma referenciada espacialmente, para que de maneira gradativa haja um melhor planejamento urbano. Ao longo dos anos tem se observado êxito em inúmeras aplicações da tecnologia LIDAR (Light Detection and Ranging) na aquisição automática do MDT (Modelo Digital de Terreno) em áreas urbanas e rurais. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar vantagens da tecnologia LIDAR, demonstrando diretamente um método de detecção de rios e suas composições, como: nascentes, leito, afluentes e foz na superfície, utilizando dados derivados de perfilamentos com sensor LASER aerotransportado, para a geração automática do MDT. A partir das amostras obtidas, foi possível distinguir a presença detalhada do Igarapé do Passarinho, no Bairro Monte das Oliveiras; a força motriz desse interesse é a capacidade de fornecer localização precisa e características eficientes dos rios, ressaltando que a utilização conjunta dos produtos forma uma excelente ferramenta para análises das áreas onde um projeto será implantado.

Palavras-chave: Modelo digital de terreno, rios, perfilamento a laser, LIDAR.

1 INTRODUÇÃO.

A visão do desenvolvimento de uma cidade está relativamente ligada as funções do seu rio, a importância fluvial revela-se, via de regra, na organização espacial da cidade. O período da Belle Époque Brasileira em Manaus, atingiu diretamente nas intromissões dos rios urbanos, onde os primeiros igarapés foram aterrados e/ou canalizados obtendo modificações por programas de "melhoramento e embelezamento" adotados na época. As margens dos rios, por serem áreas factualmente atrativas, tornou-se opção de acesso à moradia para a população menos favorecida. As ocupações dessas áreas aconteceram sem que os rios e igarapés fossem considerados importantes para a qualidade de vida dos próprios habitantes, mas sim elementos a serem superados.

Na contemporaneidade os usos principais da maior parte dos corpos hídricos no meio urbano estão ligados as finalidades secundárias, como transporte de esgoto e lixo, fazendo com que o leito dos rios tornem-se tão desprezados e modificados que por muitas vezes são considerados rios invisíveis, já que a interação da população com cursos hídricos na paisagem urbana é amplamente fraca que o tratam como inexistente. Os impactos ambientais em margem de igarapés ou rios ocorrem de forma escalonada, começando pela retirada de mata ciliar, resultando em adensamento intenso, impermeabilização do solo, inundações e impactos a própria população. Assad (2013) diante de tal comportamento afirma que as cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento.

Apesar da presença de instrumentos legais consideráveis sobre a gestão de águas, o estado do Amazonas se notabiliza pela pouca aplicabilidade dos mesmos, por exemplo, segundo a nova redação do inciso III-A no Art. 4° da Lei N° 6766/1979, obras próximas a rios são legais, desde que seja obrigatório a reserva de uma faixa não-edificável de 15 metros de cada lado. Entretanto, a velocidade da urbanização e seu crescimento irregular são constantemente notados em construções nas áreas próximas a rios em Manaus, resultado de falta de características atuais dos corpos hídricos que atravessam toda a cidade. Nota-se que a relação rio-cidade não é estática, nem estabilizada, ela depende de inúmeros fatores: de mudanças econômicas, das formas de comunicação e de transporte, do direcionamento dos processos de expansão urbana, das políticas e do planejamento urbano, do comportamento dos habitantes e atualmente, depende de tecnologia.

Inicialmente, a localização dos rios no meio urbano era mediante uso de topografia, ao passar do tempo novas tecnologias foram sendo aplicadas, passando pelo uso de imagens aéreas até o sistema de varredura à LASER, também conhecido como LIDAR. De acordo com Jensen (2009), o primeiro sistema laser com dispositivo ótico para perfilamento foi desenvolvido na década de 60 pela empresa americana Hughes Aircraft Inc. Desde então tem-se observado êxito em inúmeras aplicações da tecnologia LIDAR, uma das suas principais vantagens é a obtenção de modelos de elevação, derivados dos perfilamentos realizados, com a manipulação dos dados é possível obter dentre eles o Modelo Digital de Terreno (MDT), que tem como aspecto principal a visualização da superfície terrestre após a remoção automática de camada superior dos primeiros pulsos retornados, possuindo diversas aplicações, uma delas é a localização de malha fluvial no meio urbano.

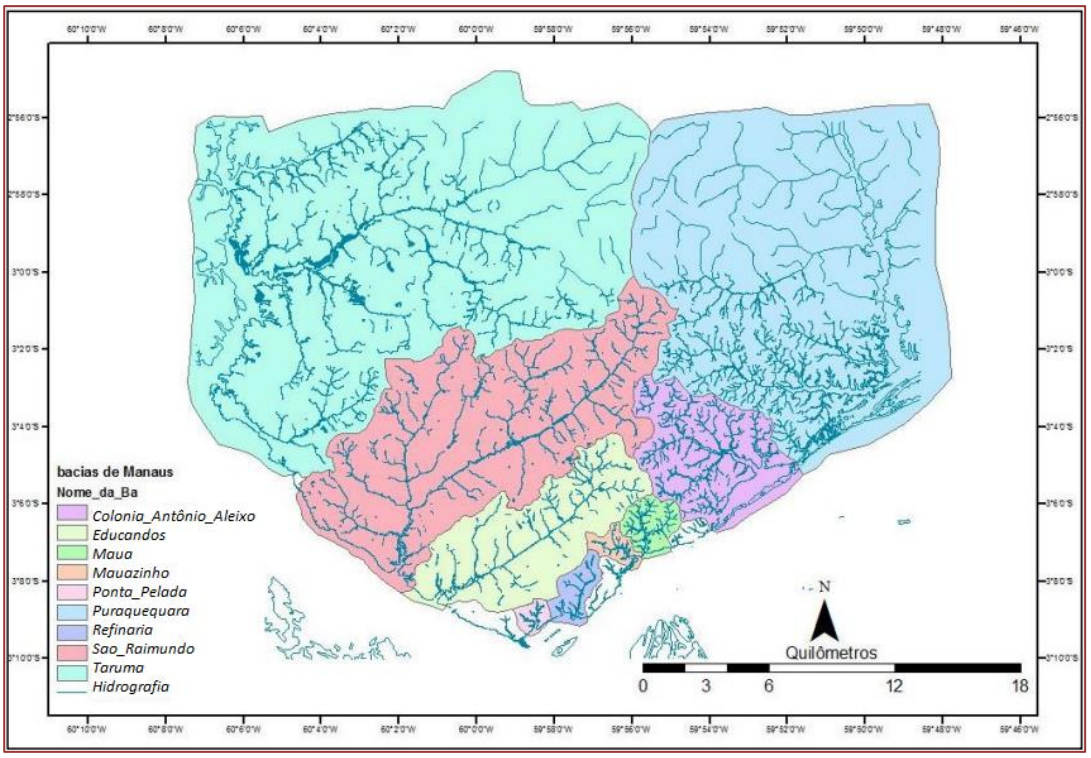
Neste contexto, o objetivo do trabalho é apresentar a tecnologia LIDAR, sua teoria, e a análise dos resultados dos perfilamentos atualizados, que possibilita a identificação dos rios em determinada amostra, apresentando a aplicabilidade desta tecnologia como uma alternativa no processo de gestão territorial total de Manaus, extremamente necessária para a consolidação da urbanização da cidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO.

2.1 UM PARALELO DA ANTIGA E ATUAL HIDROGRAFIA INTERNA DE MANAUS.

Manaus está localizada no centro da maior floresta tropical do mundo, e é entrecortada por quatro bacias hidrográficas e várias microbacias, as mais notáveis são: Educandos, São Raimundo, Tarumã e Bacia do Puraquequara1 (Figura 1). A do São Raimundo e a do Educandos, encontram-se integralmente dentro da cidade, as demais estão parcialmente inseridas na malha urbana (MELO, SILVA e MIRANDA, 2006). No entanto, essa condição privilegiada ocasionou uma relação ambígua com os rios presentes: usando-os para o desenvolvimento urbano, mas os destruindo, alterando seus cursos, assoreando, utilizando como principal meio de escoamento de esgoto, incapaz de ter seu uso original.

Figura 3- Localização das bacias hidrográficas.



Fonte: SEMMAS, 2007.

Os rios teimosamente, marcam a cidade desde os primórdios de sua formação, no final do século XIX, a cidade de Manaus tinha como traço marcante uma rede de igarapés que modelavam sua geografia. Na virada do século relatam-se os aterros e desaterros dos mananciais hídricos, o relatório apresentado pelo secretário de Estado ao governador no ano de 1898, consta uma relação de obras realizadas na cidade entre o período de 1896 e 1897, com relação aos vários lugares escavados (VALLE,1999). Acarretando em descaracterização dos igarapés à medida que a cidade crescia. É o caso, por exemplo, dos igarapés de São Vicente e do aterro que, como tantos outros, foram extintos para dar passagem ao progresso. A engenharia europeia desrespeitava a natureza, com a construção de ruas e passagens que ignoravam completamente a importância dos leitos dos rios para a população local. Os aterros apareciam como uma solução para os obstáculos naturais que dificultavam o "desenvolvimento" da cidade (VALLE,1999).

Atualmente, o cenário é o mesmo, apesar de existirem diversos parâmetros legais, se torna evidente a inaplicabilidade da legislação federal, estadual e municipal demonstrando uma desconexão entre leis e ações para a preservação do recurso hídrico.

Por exemplo: A Lei Orgânica do Município de Manaus nº 605 de 24 de julho de 2001 regulamenta o Código Ambiental do Município, instituindo a preservação das nascentes, as matas ciliares e as faixas marginais das águas superficiais.

Porém, percebe-se a falta de aplicabilidade da lei, uma vez que, as faixas marginais dos rios no meio urbano em Manaus encontram-se ocupadas. A principal razão desta ocupação está ligada ao fluxo de pessoas, a falta de conhecimento das leis ambientais, e ausência de atualização da malha dos rios, que por sua vez auxiliariam na organização habitacional e uma maior aplicação das leis.

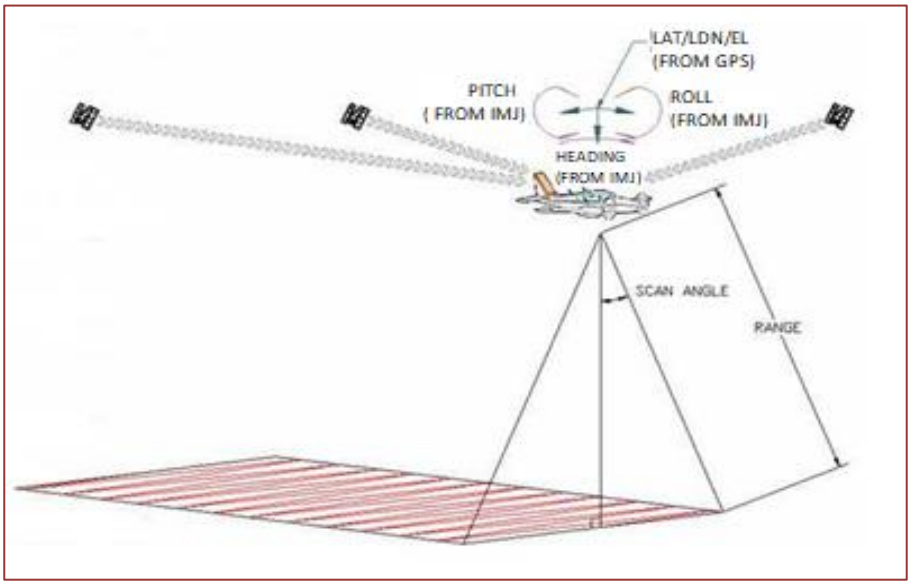
3 TECNOLOGIA LIDAR (PERFILAMENTO A LASER).

3.1 SISTEMA DE PERFILAMENTO A LASER.

Segundo Brandalize, A. (2004) é um sistema que adquire dados digitais de elevação do terreno com precisão equivalente ao GPS, mas de forma muito mais eficaz, pois o sensor localizado em uma aeronave utiliza da emissão de feixes de laser no canal do infravermelho para realizar escaneamento do terreno e cobertura vegetal, bem como de edificações a partir do retorno de cada pulso elétrico emitido em direção

aos alvos, nesse sentido tanto a linha do solo é mapeada como também tudo que se encontra acima dele (vegetação, edificações, carros e outros elementos). Na Figura 2 é apresentado um demonstrativo do funcionamento da varredura e a determinação dos pontos no terreno a partir da localização da aeronave.

Figura 4- Sistema de varredura Laser.



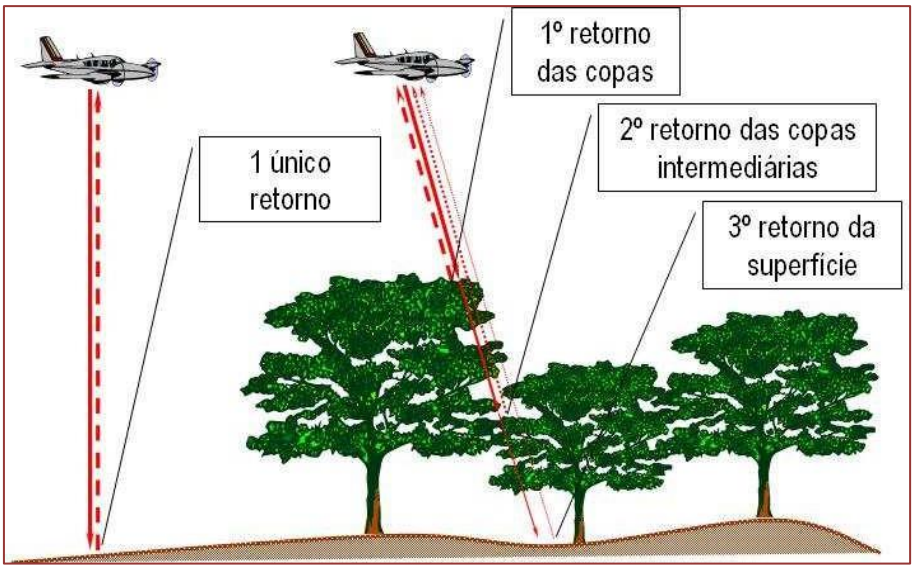
Fonte: (TOPOCART, 2014)

O mapeamento digital utilizando a tecnologia LIDAR consiste na coleta de dados através do Sensoriamento Remoto Ativo, em resumo é uma tecnologia de mapeamento a distância que libera sua própria energia, produzindo o registro de diversos retornos (Figura 3).

Através das propriedades de reflexão da energia eletromagnética, este sistema estima a distância entre o sensor/aeronave e os objetos/alvos na superfície, considerando tanto a linha do solo como o que se encontra acima dela (VERMA et al. 2016).

A divisão de um pulso laser pode ocorrer em qualquer cenário que possua objetos com alturas diferentes, e dependendo do diâmetro do pulso (footprint) e a posição deste ao atingir o objeto, podem ser evidenciadas varias divisões, ou seja, quando o pulso laser encontra um objeto, parte de sua energia é refletida e será novamente identificada pelo sensor e, a outra parte continua se espalhando (dividindo) até que toda energia seja consumida (MA et al., 2015)

Figura 3- Esquema de registro de retornos múltiplos.



Fonte: TOPOCART, 2014.

Na vegetação, o conjunto de dados LIDAR podem fornecer informação referente à vegetação existente na área abrangida pela varredura. Essa informação pode ser adquirida tanto pelo retorno discreto LIDAR, como pela análise da forma da onda. Isso se deve à capacidade de penetração dos pulsos laser no meio de ramos, galhos e folhagem da vegetação até alcançar o solo (Renslow, 2012, p. 310)

Após analisar os múltiplos retornos, dependendo da intensidade do sinal é possível determinar e classificar o objeto em solo, sua forma e altura, baseado nas nuvens de pontos gerados.

Com esta característica, entende-se como é possível a obtenção de dois produtos distintos: o Modelo Digital de Superfície (MDS), gerado pelo primeiro retorno (Figura 4) e o Modelo Digital de Terreno (MDT), gerado pelo último retorno classificado (Figura 5). Uma das atividades que mais consomem tempo na Fotogrametria é a obtenção do MDS ou MDT. Tal subproduto normalmente é utilizado para a retificação diferencial de ortofotos ou para obtenção automática de curvas de nível. O Perfilamento a LASER é uma tecnologia que está revolucionando esta metodologia, permitindo a obtenção dos modelos digitais de forma mais rápida, evitando processos fotogramétricos ou levantamentos com outras técnicas como o GPS (BRANDALIZE, 2001).

Figura 4- Modelo Digital de Superfície

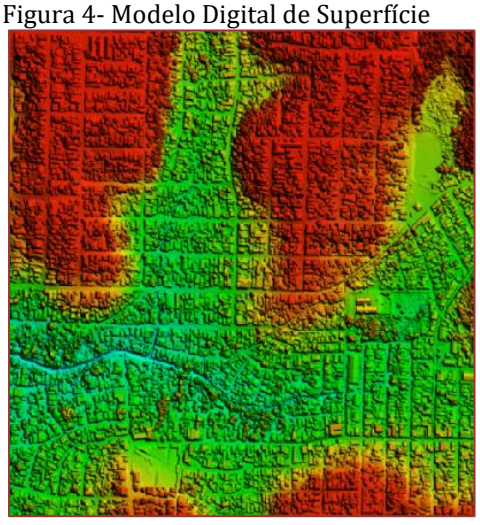
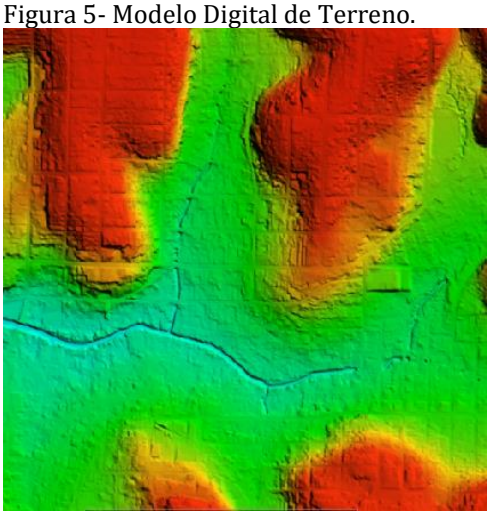


Figura 5- Modelo Digital de Terreno.



Fonte: SEMEF / P. M. DE MANAUS.

Destaca-se que a utilização de LIDAR vem sendo aplicada ao decorrer do tempo e por isso diferentes aplicações são encontradas na literatura. Ressaltando a literatura nacional ao usar perfilamento em ambientes urbanos, como exemplo há trabalhos de Cavalcanti, Candeias e Tavares Júnior (2016) que utilizaram esses conceitos para apresentar o tratamento e a classificação de nuvens de pontos LIDAR, demonstrando um método de obtenção de polígonos de construções em 3D, usando processos de cortes do MDE.

Ferreira, Larocca e Cintra (2015) fizeram uma comparação de posição e dimensão de edificações obtidas por LIDAR, com posição e dimensão proveniente de uma base cartográfica. Crommelinck et al. (2016) apresenta uma revisão sobre aplicação de imagens de alta resolução nos mapeamentos cadastrais, permitindo uma nova abordagem para definir limites de propriedade.

Luo (2016), por outro lado, demonstrou um meio de extrair semi-automaticamente o limite cadastral por meio de dados de nuvem de pontos de ALS. Em resumo, os resultados apresentaram que com o extrato semi-automatizado seria necessário menos mão-de-obra, e o tempo e verba seriam menores. Já, Ercolin Filho, Centeno e Mitishita (2016) estudaram e demonstraram uma metodologia para detecção de áreas planas em telhados de edifícios utilizando o perfilamento a LASER. Informando que isto é possível com as informações obtidas de algoritmos de classificação automática de pontos provenientes da tecnologia LIDAR.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de identificar vias fluviais no meio urbano, utilizou-se dados derivados de perfilamento a LASER, adquiridos e manuseados pela TOPOCART, realizados em 2019, na cidade de Manaus (AM), como exemplo ilustrativo, uma pequena área situada no bairro Monte das Oliveiras será utilizada, esta área é entrecortada pelo Igarapé do Passarinho (Figura 6). Demonstra-se a seguir a imagem da área de abrangência dos perfilamentos (Figura 7), os dados obtidos (Tabela 1), e as etapas desenvolvidas após o processamento dos dados para obtenção dos modelos digitais de superfície (Fluxograma 1).

Figura 4- Área no Bairro Monte das Oliveiras.

Figura 5- Área de abrangência dos perfilamentos.

Fonte: SEMEF / P. M. DE MANAUS

Primeiro foram localizadas as vias fluviais que pertencem a malha de rios urbanos através do MDT. O seguinte passo constituiu em fazer uma breve comparação visual entre a foto original do terreno, o Modelo Digital de Superfície e o Modelo Digital de Terreno.

4.1 GERAÇÃO DOS MODELOS DIGITAIS DE SUPERFÍCIE.

4.1.1 LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO.

Os dados foram obtidos com o Sensor Laser Remoto Ativo Optech Orion H300 e cedidos pela Secretaria Municipal De Finanças, Tecnologia Da Informação e Controle Interno (SEMEF) para fins desta pesquisa.

Tabela 2- Dados obtidos sobre os voos.

Data dos voos:	27,28,29/06/2019 e 01/07/2019.
Aeronave:	PT-EUR (Sêneca II).
Altura média do voo:	930m.
Densidade de pontos:	4,6 pontos.
Faixas obtidas:	47.
Direção das faixas de voo:	Leste-oeste.
Área total de mapeamento aerofotogramétrico:	520 km².

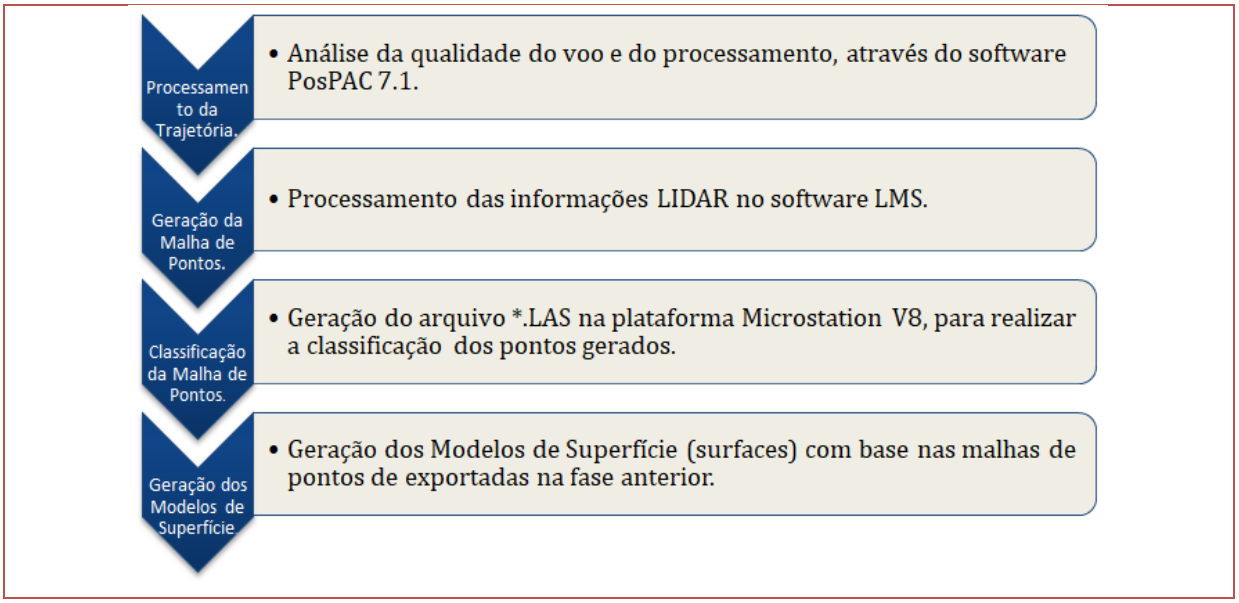
Fonte: Autoria própria.

Com base, então, neste conjunto de dados, produzidos por TOPOCART (2019), segue as fases deste trabalho:

4.1.2 EXECUÇÃO E PROCESSAMENTO DO PERFILAMENTO À LASER.

Este passo é realizado juntamente com a coleta de dados do levantamento aerofotogramétrico, após a realização do voo, os dados brutos do sistema laser (LIDAR) passarão por um processamento até que sejam refinados de maneira completa e possam ser utilizados para a geração de produtos. Este processamento será divido em 4 etapas.

Fluxograma 1- Etapas para Geração dos Modelos Digitais.



Fonte: Autoria própria.

Etapa 1: Processamento da Trajetória

Nessa primeira fase é analisado a qualidade do voo e do processamento, através do software PosPAC 7.1, resultando na geração do arquivo SBET (Smoothed Best Estimate of Trajectory) com as coordenadas X, Y, Z, em seguida são gerados relatórios gráficos para que demonstrem dados, tais como: Erro Médio Quadrático (RMS), direcionamento e sentido do voo, desvio padrão das componentes GNSS, distância da base e perfil do voo durante o levantamento. Caso alguns desses parâmetros não sejam aprovados o processamento é refeito ou até mesmo o voo.

Etapa 2: Geração da Malha de Pontos

Depois do processamento das trajetórias e geração do arquivo SBET, é realizado o processamento das informações LIDAR no software LMS (Lidar Mapping Suite), onde são realizados os processos de padrões de conversão dos dados, afim de fazer analises e ajustes, se necessário, como por exemplo, diminuir a dispersão altimétrica dos pontos.

Etapa 3: Classificação da Malha de Pontos

O arquivo de pontos pode ser considerado como o produto bruto do perfilamento a laser, pois é com base nele que é realizado toda a apuração das informações obtidas por este sistema. Após a geração do arquivo *.LAS, utiliza-se o software Terrascan da Terrasolid, na plataforma Microstation V8, para realizar a classificação dos pontos deste arquivo *.LAS gerado anteriormente.

A classificação resume-se em separar o que é solo, vegetação, rios, edificações, pontes/viadutos e linhas/torres de transmissão, dependendo do escopo do produto final.

Etapa 4: Geração dos Modelos de Superfície

Também na plataforma Microstation V8, agora utilizando o software Terramodeler da Terrasolid, serão gerados os Modelos de Superfície (surfaces) com base nas malhas de pontos exportadas na fase anterior.

É nessa etapa que é realizada a visualização dos dados, através do software ArcGis®, que oferece diversas formas de visualização das nuvens de pontos, tais como: Elevation, Aspect, Return, Class, etc.

Após essas etapas, é realizado um controle rigoroso de qualidade, desde a coleta de dados do voo à densidade da malha de pontos laser, ressaltando que foram utilizados equipamentos de alta precisão e complexidade.

Esta metodologia foi utilizada com o objetivo de se obter produtos com a mais alta qualidade esperada, o que foi comprovado pelas análises estatísticas dos resultados do processamento dos dados laser. Em seguida os dados são vinculados a softwares de processamento dos dados laser para obtenção de produtos exigidos pelo projeto, neste caso serão os Modelos Digitais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

A análise dos dados, em conjunto com a análise visual, demonstra que através de imagem aerofotogramétrico (Figura 8), é possível identificar os diversos objetos presentes, como as casas, prédios, vegetação, e a presença do Igarapé do Passarinho, entretanto no canto inferior direito, nota-se a presença de uma vegetação mais densa, dificultando a visualização do que há por baixo.

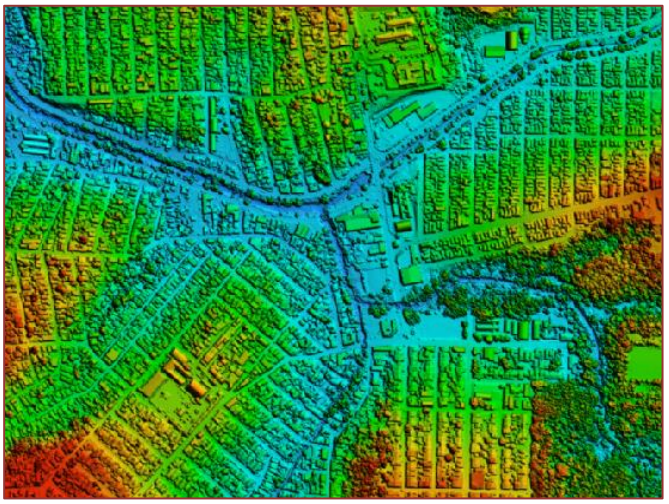
Figura 5- Imagem aerofotogramétrico da amostra.

Fonte: Topocart e SEMEF / P. M. DE MANAUS, 2019.

A identificação das vias fluviais, tornou-se possível mediante a manipulação dos dados derivados do perfilamento a laser, no software Arcgis®, que consiste em um algoritmo de interpolação desenvolvido especialmente para geração de modelos hidrológicos (ESRI, 2016).

A figura 9, apresenta o Modelo Digital de Superfície (MDS), obtido pelos primeiros retornos, trazendo informações mais superficiais dos objetos.

Figura 7- Modelo Digital de Superfície.



Fonte: Topocart e SEMEF / P. M. DE MANAUS, 2019.

Toda via, este modelo ainda não é totalmente eficiente para identificação detalhada da malha fluvial. Partindo deste ponto, manipulando ferramentas no ArcGis®, é possivel obter a retirada automática da camada superficial, gerando o Modelo Digital de Terreno (MDT) (Figura 10), aqueles pontos que estão situados sobre o terreno, ou seja, gerado pelo último retorno. A vantagem do perfilamento é demonstrada nesta figura, onde os pulsos de laser penetraram por pequenas aberturas no dossel da vegetação, tornando possível obter informações sobre a estrutura dos rios abaixo da copa das árvores.

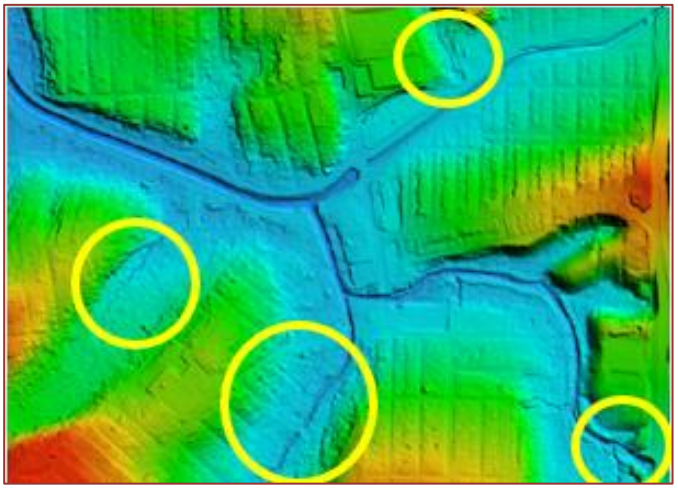


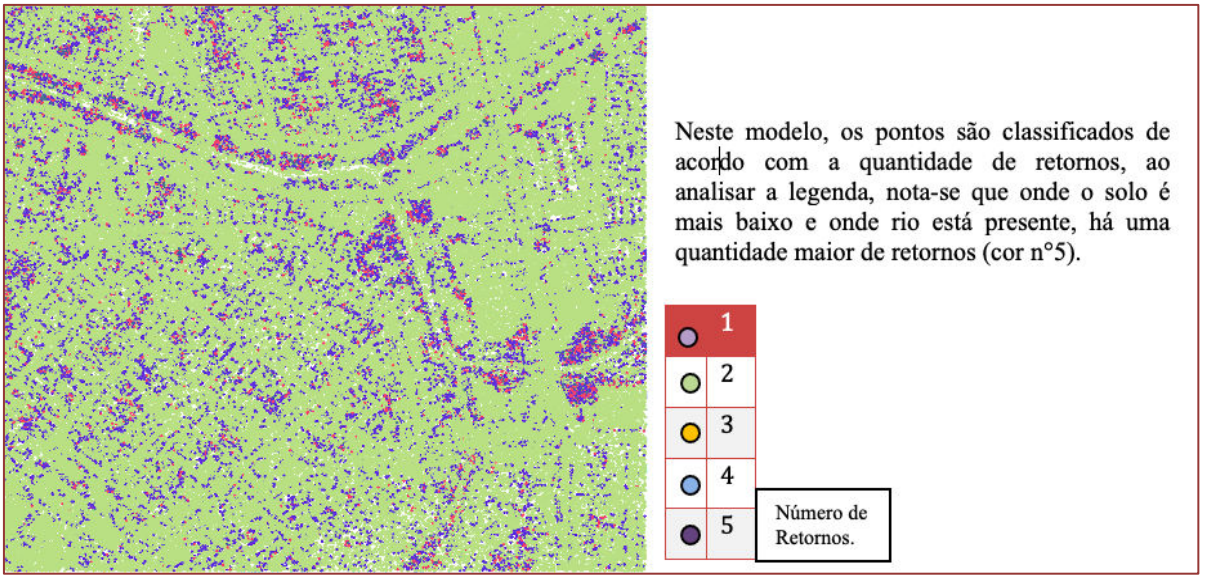
Figura 8- Modelo Digital de Terreno.

Fonte: Topocart e SEMEF / P. M. DE MANAUS, 2019.

A análise comparativa visual demonstra que, no MDS a análise dos rios é menos detalhada, já o MDT apresenta uma maior eficiência na visualização do Igarapé, este resultado pode ser explicado pela maior quantidade de retornos no modelo, comprovando toda a metodologia proposta. Cabe ressaltar que a obtencao de um modelo para o outro, é rapido e eficaz. Nos elipses amarelo é identificado detalhes da via fluvial que não são notórios na imagem anterior.

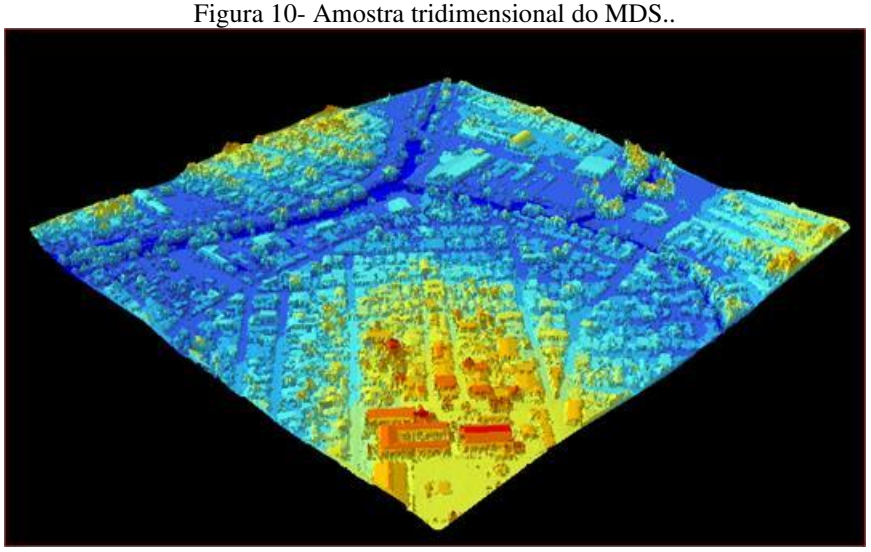
A manipulação dos dados laser dentro do ArcGis®, não se limita aos modelos digitais, os pontos podem ser ainda mais analisados, como na figura 11.

Figura 6- Classificação de Retornos.



Fonte: Topocart e SEMEF / P. M. DE MANAUS, 2019

Figura 10- Amostra tridimensional do MDS..



Fonte: Topocart e SEMEF / P. M. DE MANAUS, 2019

A figura 12, demonstra tridimensionalmente o MDS da amostra. Esta função é um complemento na análise do terreno, onde é possível notar a elevação do solo e altimetria dos objetos presentes.

As alterações dos corpos hídricos em Manaus são visíveis ao longo dos anos, atualmente encontram-se em avançado estagio de degradação ambiental, e a ocupação das suas margens continuam crescendo em ritmo acelerado, gerando a necessidade e importância de discutir iniciativas para erradicar os problemas socioambientais acerca do mal uso das margens dos rios urbanos, uma vez que o foco da gestão de recursos hídricos são nos grandes rios da bacia amazônica e ainda não abrangem os rios dentro da cidade.

O método apresentado surge como instrumento no planejamento e gestão de recursos hídricos, pois no caso de corpos d'água, ainda que cobertos por vegetação, o pulso laser emitido é capaz de realizar interação com a água ocasionando reflexão do sinal, e reconhecido pelo sensor.

6 CONCLUSÃO.

A malha fluvial manauara, foi se tornando invisível ao longo da consolidação da cidade, sendo estrangulada e encoberta para dar lugar às ruas, de forma rápida foi transformada em canais cobertos pelo concreto, e invasões de casas populares, tornando-se por vezes, oculta e de desfavorável acesso, sendo dificilmente observada apenas através de fotos. Neste artigo, uma metodologia direta para a identificação de rios no meio urbano, baseada no aproveitamento de dados laser scanner, foi apresentada. Esta metodologia teve como objetivo contribuir para um melhor reconhecimento dos corredores aquáticos urbanos, pois, reconhecendo-os é possível caracterizá-los por toda sua extensão, podendo ser usado para diferentes fins.

Os sistemas de Perfilamento a LASER, possuem um potencial gigantesco a serem estudados, esta alternativa de mapeamento possui vantagens notáveis: os dados laser possuem um alto nível de confiabilidade, rapidez e precisão na obtenção dos resultados, a quantidade de pontos que compõe a superfície é maior do que a quantidade de pontos altimétricos obtidos por outro método, redução de custos com as analises em campo, e afins.

Os resultados obtidos demonstram viabilidade do uso de perfilamento a laser para localização precisa dos rios, pois é uma ferramenta poderosa na diferenciação de elevação dos objetos no solo, facilitando significamente a coleta de dados sobre as características fluviais no meio urbano.

Considerando que o perfilamento foi realizado em todo território da cidade de Manaus, se torna possível atender demandas futuras de analises de áreas próximas a rios em toda a capital, com os rios referenciados espacialmente, combinados com outros produtos cartográficos, a localização dos mesmos se torna mais precisa, sendo possível estabelecer projetos de obras de acordo com a peculiaridade do local, tornando-se uma necessidade da administração municipal, como alternativa de planejamento urbano. As vantagens futuras estão inteiramente ligadas a erradicar problemas de aspecto hidrológicos como: enchentes devido à impermeabilização, o assoreamento dos igarapés, aterramentos, grande quantidade de lixo depositada, e outros fatores que modificam a dinâmica hídrica das microbacias gerando os mais diversos prejuízos ambientais e sociais nessas áreas

Todas as bacias hidrográficas urbanas em Manaus estão cadastradas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), todavia, a maior parte dessas bacias apresentam elevados índices de concentração populacional. Este aspecto, além de ser inconstitucional ocasiona sérios prejuízos socioambientais. Logo, obter e aplicar processos tecnológicos nos planejamentos da cidade, pensando na vida ecológica dos rios, é fundamental para reduzir as causas de tais problemas, visando melhorar o meio aquático urbano e a implementação de projetos urbanísticos responsáveis, planejados e modernos, obtendo uma visão de higiene e harmonia na cidade em geral.

REFERÊNCIAS

[1] ASSAD, T. M. Problemática das "invasões" da cidade de Manaus: perspectivas da legalização fundiária a luz do estatuto da cidade. In: XIV Congresso do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Direito. Florianópolis. 2006

[2] BRANDALIZE, A. A, 2001- Perfilamento a Laser: Comparação com métodos Fotogrametricos. ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A

[3] BRANDALIZE, Maria C. B. A Qualidade Cartográfica dos Resultados do Laserscanner Aerotransportado. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC, 2004. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/86704/207885.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 25 out. 2019.

[4] CAVALCANTI, R. C.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JUNIOR, J. R; Metodologia para obtenção de polígonos 3D a partir de nuvem de pontos LiDAR. Rev. Bras. Geom., v.4, n. 1, p.046-052, 2016

[5] CROMMELINCK, S., BENNETT, R., GERKE, M., NEX, F., YANG, M. Y., VOSSELMAN, G. Review of Automatic Feature Extraction from High-Resolution Optical Sensor Data for UAV Based Cadastral Mapping. Remote Sensing 2016, 8, 689, 1-28.

[6] ERCOLIN FILHO, L.; CENTENO, J. A. S.; MITISHITA, E. A. Detecção automática de áreas planas em telhados de edificações utilizando nuvem de pontos LIDAR. Revista Brasileira de Cartografia (2016), Nº 68/3: 519-526

[7] ESRI, Enviromental Systems Research Institute. ArcGIS Pro tool reference. Disponível em: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm>. Acesso em: Outubro de 2019.

[8] FERREIRA, F. R., Larocca, A. P. C., Jorge Pimentel Cintra, J. P. Segmentação do espaço urbano por meio de dados LIDAR aerotransportado. Revista Brasileira de Cartografia (2015) Nº 67/7: 1413-1420

[9] FONSECA, J. G. Analise introdutória do processo de Ocupacao Urbana em Manaus e Suas Consequencias Socioambientais: O estudo de Caso das Comunidades São Pedro, Travessa Arthur Bernardes e Bariri. Dissertação, 2008, UFAM. Disponivel em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/2550/1/Jemima.pdf

[10] JENSEN, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 1. Ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 598 p.

[11] LEI Nº 6.766 DE 1979. Institui o Parcelamento e Uso do Solo Urbano.

[12] LEI Orgânica do Município de Manaus nº 605 de 24 de julho de 2001.

[13] LUO, X. Investigating semi-automated cadastral boundary extraction from airborne laser scanned data. Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands, March, 2016

[14] MA, Y.; WEI, C.; HU, T.; WANG, R.; ZHOU, G. Hybrid Filtering of Lidar Data Based on the Echoes. IAPRS. V. XXXVIII, p. 147-151, 2015.

[15] MELO, E.G.F.; SILVA, M.S.R. do.; MIRANDA, S.A.T. Influência Antrópica nos Igarapés de Manaus. Artigo. Revista on line: Caminhos de Geografia, p. 73-79, 2006

[16] RENSLOW, M. S. Manual of Airborne Topographic LiDAR, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, 2012.

[17] TOPOCART. Relatório Técnico Final Levantamento Aerofotogramétrico e Perfilamento a Laser Manaus – AM. Brasília: Topocart. 2019.

[18] VALLE, A.S. Os igarapés no contexto do espaço urbano de Manaus: uma visão ambiental. Manaus: CCA – Universidade Federal do Amazonas, 1999 (Dissertação de Mestrado).

[19] VERMA, N. K.; LAMB, D.W.; REID, N.; WILSON, B. Comparison of canopy volume measurements of scattered eucalypt farm trees derived from high spatial resolution imagery and LIDAR. Remote Sensing, v. 8, p. 388, 2016.

[20] WUTKE, J. D.; CENTENO, J. A. S. Métodos para avaliação da resolução de sistemas de varredura a LASER. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 13, p. 151-164, 2007.

Capítulo 12

Análise das condições de acessibilidade nos espaços públicos em patrimônio tombado

Laysa Vanessa Monteiro dos Santos
Mariana Monteiro Moura

Resumo: As cidades coloniais, são compostas por monumentos simbólicos onde contam a história da cidade, no entanto os patrimônios chegam a contemporaneidade com certos obstáculos, acarretando problemas quanto a viabilidade de uso ao público que possuem alguma restrição, a acessibilidade é um dos empecilhos recorrentes, por existir a falta de conformidade quanto a parâmetros denominados em normas de acesso obrigatório.

Foram diagnosticados falta de conformidade nos locais escolhidos de acordo com parâmetros necessários de viabilidade, buscou-se a proposta, ao uso de aço como sistema modular, no intuito de que não aconteça a descaracterização dos patrimônios tombados, e haja livre acesso e inclusão desses usuários a essas instalações, pois os bens urbanos das cidades devem ser utilizados por todos.

O estudo caracterizou-se em uma pesquisa exploratória, com a abordagem qualitativa, visando caracterizar a qualidade dos espaços em relação as condições de acessibilidade e mobilidade reduzida ou deficiência em patrimônios históricos tombados. Para que sejam atendidos os parâmetros, o intuito são intervenções com a menor porcentagem de descaracterização dos patrimônios em questão que são o Teatro Amazonas e Mercado Municipal Adolpho Lisboa, com ênfase nas leis e normas vigentes.

Palavra Chave: Acessibilidade, mobilidade, patrimônio

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais muitas bandeiras são erguidas no intuito de inclusão e visibilidade para problemas encontrados na sociedade, a acessibilidade é um desses grupos que buscam autenticidade, mesmo com a existência quanto aos requisitos de acesso para pessoas com deficiência ou algum tipo de empecilho quanto a mobilidade física, é comum o descaso em algum lugares que á possuem ou até mesmo a não existência de intervenções relacionadas ao assunto. Silva (2009) descreve que mobilidade é o que constitui o tecido urbano com movimentação de pessoas e o usual de bens na cidade.

Diante desses problemas encontrados, é de suma importância a eficácia de sistemas que englobem os usuários que necessitam de meios para acesso em todos os lugares de nossa cidade, locais de grande importância como o Coliseu ou a Arena de Verona , adequados para "todos os visitantes", com banheiros adaptados, acesso a plateia, palco, sendo possível usufruir dos espaços num todo, ações tem sido feitas na Europa para implementar a acessibilidade em cidades de valor histórico cultural, já possuem métodos que viabilizem o acesso sem que haja descaracterização da cidade, já que essa é umas das politicas pregadas quanto a monumentos, porém a não existência desses acessos acarreta a falta de conformidade quanto a visita a esses locais.

No Brasil é possível identificar intervenções feitas para acessibilidade, como no Biblioteca Municipal Mário de Andrade, localizada em São Paulo, com acesso ao mezanino, e acessos externos adequados. Ainda que já exista legislação que preconize tais atendimento, sabe-se que esta parte da população se encontra de lado, não recebendo o atendimento devido e adequado para que ocorra sua inclusão na sociedade de forma natural e eficaz, sem que haja constrangimento por conta de sua situação momentânea ou definitiva. De acordo com Cardoso (2012) sabe-se que a acessibilidade está interligada com a prática da inclusão, que se refere à possibilidade de participação na sociedade em condições igualitárias e sem discriminação.

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), Lei 13.146(BRASIL, 2015) assegura promover, condições de igualdade, com exercícios de direitos e de liberdades fundamentais, garantindo inclusão social e exercício da cidadania. O conceito de inclusão possui a visão sobre reconhecer a diversidade como um aspecto fundamental no desenvolvimento socioeconômico e humano, promovendo uma estratégia integrada de benefício das pessoas e da sociedade, ao invés de implantar ações isoladas (ALVAREZ et al, 2007).

Por esses motivos foram realizadas análises in loco em dois patrimônios históricos tombados na cidade de Manaus, a fim de identificar o problema da mobilidade urbana dos deficientes físicos, mais precisamente, a acessibilidade à aqueles que necessitam usufruir do seu direito de ir e vir que tem se mostrado uma dificuldade constante no nosso meio. Por exemplo, um cadeirante não consegue se locomover em um prédio cuja entrada principal só terem escadas e nenhuma rampa, ou se tem está em estado depredado.

Pela falta de conformidade do passado e o descaso atual, devemos pensar em soluções que visem facilitar e promover mobilidade aos usuários em questão de maneira fácil e eficaz, diante disso houve-se a preocupação quanto a meios que possibilitem a conformidade para intervenções possíveis e palpáveis para execução, como a implantação de estruturas moldadas para rampas de acesso que necessitem vencer inclinações maiores e a manutenção para que haja o bom desempenhos dos materiais utilizados para tal realização nos patrimônios, aderindo estruturas viáveis e com boa adequação quanto ao modo de uso.

2. REFERENCIALTEÓRICO

2.1 HISTÓRICO

A revolução industrial na segunda metade do século XVII ao XIX acarretou práticas de inovação não apenas com industrias, mas também por ventura em sistemas de comunicação, transporte, utilização de ferrovias, adicionando facilidade de locomoção. Fonseca (2005), descreve que além das mudanças e avanços tecnológicos, ouve o aumento da renda, agregando a novas práticas como as de viagens, expandindo assim o turismo na segunda metade do século XX pós segunda guerra mundial.

A consequência gerada pela prática turística funciona como meio de incentivo à conservação de patrimônio histórico, respeitando a arquitetura, história, cultura, tradição e costume, promovendo a proteção a patrimônios. Arantes (2009) comenta que, não se pode confundir patrimônio com o que é costume usual, essa separação é crucial para o entendimento de preservação e pratica social, turismo[2] é tanto o ato realizado pelos turistas, como pelo conjunto comercial consequente no intuito de entreter e hospedar, com os serviços oferecidos em determinada localização.

O centro histórico de Manaus repleto de referências temporais pelas quais a cidade atravessou, são traços que mantem a relação com a época provincial, na arquitetura é possível identificar diversos contexto artísticos e variados processos, oferecendo uma demanda de edificações do "Ciclo da Borracha" - *belle époque* – havendo a junção do moderno e o contemporâneo.

Manaus passou por fases simbólicas, com marcos históricos, deixando legados onde atualmente nomes e construções trazem traços desses momentos, fazendo com que a cidade possa desfrutar de seus primórdios. Na tabela 1 a seguir será demonstrado os acontecimentos de forma cronológica aos marcos da cidade de Manaus.

Tabela 1 – Demonstração de marcos históricos da cidade de Manaus

Primeira Fase	Ocupação colonial portuguesa na Amazônia, século XVII	Concentração no rio Tarumã com o Negro	Aglomeração a população de índios
Segunda Fase	Fundação do forte da Barra de São José do Rio Negro "Lugar da Barra"	Artur Cezar Ferreira Reis, responsável pela construção de uma pequena igreja em 1795	Lobo D'Almada e seus empreendimentos (padarias, fabricas de pano e algodão, etc.)
Terceira Fase	Período de expansão e crise econômica causada pela exportação da borracha	Influenciada por traços do iluminismo, refinamento e o estético marcando a *belle époque*	Arruamentos largos, avenidas, arquitetura monumental, obras que incorporam hoje os patrimônios da cidade
Quarta Fase	Implantação da Zona Franca de Manaus	Prefeito Jorge Teixeira com os primeiros calçadões, plano de transporte público	Danos aos patrimônios da cidade, descuido, má conservação

Fonte: Revista Estudos Amazônicos • vol. V, nº 2 (2010)

Edificações dos primeiros períodos não são identificadas por conta da precariedade dos materiais utilizados, mesmo as edificações públicas mostravam inconsistência em sua preservação. No século XIX as cartografias deixaram registros importantes para construções históricas do centro de Manaus, registros consideráveis para reconstituição, em formas de croqui da cidade. Infelizmente poucas edificações da Manaus provincial chegaram à contemporaneidade (GALVÃO, 1951)

2.2 PRINCÍPIOS DE MOBILIDADE URBANA- MODO A PÉ

O conceito de mobilidade urbana é vasto e, no entanto, por serem complementares acabam sendo confundidos. A acessibilidade é definida como formas disponibilizadas no espaço urbano, já a mobilidade é conceituada como a facilidade de o indivíduo de deslocar no meio. Relacionado ao termo de mobilidade para o modo a pé, algumas variáveis caracterizam esse conceito de limitação, como na tabela 2 e 3 a seguir:

Tabela 2 – Característica de mobilidade a pé

Idade	Condições físicas	Provisórias	Estado momentâneo
Segmento mais frágil	Deficiência física, mental, sensorial	Gestantes	Carrinho de bebê
Crianças e idosos	Baixa ou alta estatura		Cargas pesadas

Fonte: Autória Própria

Tabela 3- Variáveis de caracterização física voltada a circulação aos pedestres

Passeio	Vias Públicas
Largura efetiva	Viabilidade de travessia para pedestres
Materiais utilizados nos pisos	Inclinação longitudinal e transversal

Fonte: Autória Própria

A locomoção a pé é a forma mais simples que nos proporciona acesso a serviços básicos e essenciais do cotidiano. Caminhar é uma das atividades consideradas fundamentais ao ser humano Zegger et al (2002). São consideradas como pedestres, pessoas fisicamente aptas até as que possuem dificuldades de locomoção, independente de acessórios para sua locomoção. descreve, que para que a possibilidade de locomoção seja viável é natural o estimulo, provendo infraestrutura eficaz e que atenda às necessidades dos pedestres Godim (2001).

Em nossas cidades não são concedidas a devida atenção á mobilidade a pé e a infraestrutura necessária para realização de tal tarefa, de maneira indireta são impostas condições de deslocamento não condizentes com a estrutura e qualidade a ser oferecida para quem faz a caminhada para locomoção, Malatesta (2016).

A falta de elementos que proporcionem conforto acaba transformando uma simples caminhada em uma corrida de obstáculos, resultando em incidentes aos usuários ativos das calcadas e vias, denominando-os de “quedas”, que refletem a qualidade do espaço utilizado, com pisos irregulares e malconservados; revestimento inapropriado, com degraus e rampas transversais, pisos irregulares e malconservados; revestimento inapropriados. Também é comum a instalação de mobiliários urbanos sobre os espaços de circulação.

Os mesmos níveis de qualidade para transporte motorizado deveriam ser levados em consideração aos que utilizam do meio a pé. Assim, seriam atendidos os princípios básicos da ergonomia, segurança viária, conforto, continuidade e descontinuidade, além da infraestrutura com características importantes ao usuário no percurso, segundo Malatesta (2016). Para qualificar este espaço será feita demonstração na tabela 4, sobre espaços para mobilidade a pé.

Tabela 4 - Qualificação de espaços para mobilidade a pé

Segurança viária	Espaço disponível para a caminhada e deslocamento, por sua localização na via; grau de proteção oferecido em relação à circulação do tráfego geral
Conforto	Caracterizado pela boa qualidade e regularidade da superfície do piso, possibilitada também pela ausência de interferências nas calçadas
Continuidade	Garantia da continuidade do trajeto possibilitada por uma rede de calçadas contínuas com a mesma largura útil, conectadas com espaços abertos e praças, que possibilitem conexão inclusive com trechos oriundos de vias do entorno desses logradouros.
Conectividade	Possibilitada pela articulação entre calçadas de lados e direções opostas através de travessias que podem ser em nível (faixas de travessia) ou desnível (passarelas e passagens subterrâneas), sempre respeitando as linhas de desejo de travessia

Fonte: Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 38 – 2016

Esses são alguns dos quesitos considerados para que a passagem usual do pedestre com ou sem deficiência, e mobilidade reduzida possa ter uma caminhada segura, sem obstáculos, conjugando trafego natural e continua.

2.3 ACESSIBILIDADE AO LONGO DOS TEMPOS

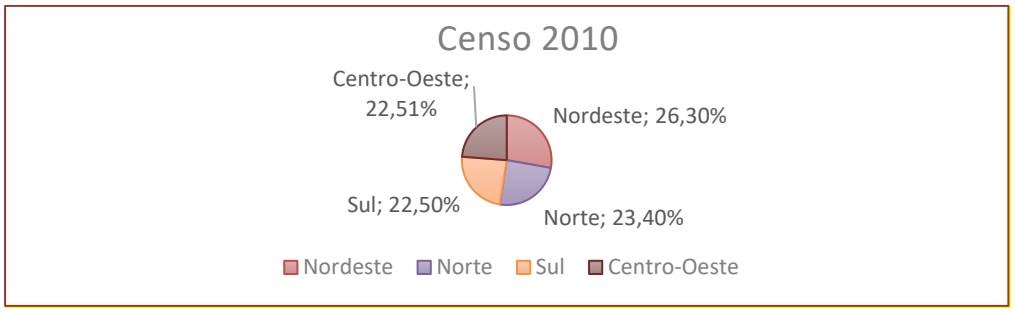
Dallasta (2005), discorre sobre a problemática da deficiência e é algo que nos acompanha na nossa evolução, pode decorrer de acontecimentos criados por questões humanas, como, guerras, onde traziam um incrível número de mutilados, na Roma Antiga o patriarca obtinha o poder de mata os filhos que nasciam com deficiência aos olhos dele. Já os gregos, por possuírem o culto ao corpo perfeito, defendiam a morte lenta a idosos e doentes defendendo que não teriam qualquer tipo de utilidade para o meio social (Feltrin, 1990).

Ainda Dallasta, declara que as violações causadas aos direitos humanos das pessoas portadoras de deficiência tem sido alvo de forma injusta no século XX, onde na segunda guerra mundial. De acordo com a revista Veja (2005), calcula-se que mais de três milhões de deficientes tenham sido mortos por nazistas, após este acontecimento foi motivada a realização da "Declaração Universal dos Direitos Humanos, 1948" tendo a finalidade de união da liberdade e igualdade. As barreiras arquitetônicas, a má conservação de vias, a demanda de calçadas mal projetadas, são pontos discutíveis através dos tempos antigos, onde a deficiência era vista de formas distorcidas.

No Brasil a Primeira constituição acerca de direitos sociais foi a Constituição de 1934 com a influência da Carta Constitucional de Weimar, contudo apenas com a Constituição de 1988, "Constituição Cidadão" ganhou atenção devida para capítulos dedicados aos direitos. A questão de acessibilidade conforme Ghiraldi (2014), não é restringida apenas a espaços físicos, é descrita como dividida em tais dimensões: comunicação, arquitetônica, metodológica, programática e atitudinal, são de suma importância no desenvolvimento entre si.

Nos últimos anos o censo realizado pelo IBGE, contabiliza em 2000 que cerca de 14,5% dos brasileiros possuem algum tipo de deficiência, e em 2010 chegou a 23,9%, índice mais elevado em relação a outros países. São identificados do Brasil cerca de: 4,2% deficientes físicos, 22,9% deficiência motora, 48,1% deficiente visual, a cartilha do Censo[9] identifica a porcentagem das principais regiões brasileiras, onde a seguir na figura 1 será demonstrado através de gráficos com os dados do Censo com os maiores índices de deficientes no Brasil.

Figura 1 – Regiões brasileiras com maiores índices de deficientes O GRÁFICO ESTÁ COM PROBLEMAS



Fonte: Cartilha Censo 2010 (2012, p.11)

Silva e Martins (2002), alegam que a urbanização das cidades brasileiras exclui parte da população, onde obstáculos urbanos forçam pessoas com alguma deficiência ou mobilidade reduzida a falta de acessibilidade adequada, havendo limitações aos espaços sociais. A construção adequada desses espaços teve obrigatoriedade através do Decreto Federal nº 5.296 de 2004, com o propósito de cumprimento já expirado em julho de 2008.

2.4 DIVERGÊNCIAS - PATRIMÔNIO E ACESSIBILIDADE

Segundo Choay (2010) os centros históricos deveriam ser vistos como lugares voltados utilização diversa, convivial e de permanência, com o proposito der estabelecer proximidade e de encontro. São inegáveis os conflitos encontrados entre patrimônio e a acessibilidade, onde gera desavença entre o passado e o atual, a abordagem para a identificação dos obstáculos para estudo neste artigo serão identificados em relação a requisitos da Norma NBR 9050, com estudo de caso em edificações determinadas na Cidade de Manaus

consideradas como patrimônio tombado, com o intuito de melhoria e adequação sem que haja descaracterização do bem.

A cidade de Manaus é repleta de características arquitetônicas significativas, intervenção num monumento histórico é algo complexo, onde exige múltiplos saberes para a boa execução aos objetivos em questão. Ao tratar-se de patrimônio, existem necessidades de práticas que sejam adequadas a serem consideradas para a conservação do bem cultural. Sobre a acessibilidade levando e consideração a arquitetura, é evidente a existência de barreiras em cidades antigas e com marcos históricos, a lei 13.146 (2015 vigente), alega como barreiras: qualquer tipo de obstáculo, entrave ou comportamento que limite ou impeça a participação social da pessoa.

É relevante que o acesso a patrimônio seja abrangente a todos com ou sem algum tipo de deficiência, necessitando a eliminação de barreiras físicas, fato que ocorre na acessibilidade em construções de época na contemporaneidade, o direito ao acesso com segurança aos lugares principalmente os com significado cultural e social, está resguardado pela Constituição Federal Brasileira de 1934. No entanto Aguiar (2010) discorre, que são identificados conflitos entre as partes. Uma das tais falhas é a comunicação entre acessibilidade e patrimônio, havendo divergência entre as necessidades de intervenção físicas passadas e atuais, restringindo decisões, a técnica contemporânea é por vezes incompatível ao que se pretende, ou vice-versa.

O objetivo é a busca por meios a questão de acessibilidade no patrimônio cultural sem que haja desapropriação do mesmo, de forma errônea na utilização desses espaços do passado. O instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional Art. 10 (1937) busca ações com enfoque das condições de acessibilidade de imóveis tombados a nível federal, onde intervenções criadas foram levadas a limitações.

Há mais de dez anos ações voltadas a acessibilidade tiveram início, criando base técnica institucional para produzir e agregar a cultura voltada a acessibilidade, contemplando bens e imóveis no território nacional. As normas consolidadas na Instrução Normativa N°1 (2003) tende ao estabelecimento de métodos, critérios e instrumentos com vista a avaliação das condições de acessibilidade, elaboração de diagnósticos, implantação de projetos e programas, entre outros atributos.

2.4.1 PASSADO E O CONTEMPORÂNEO

Acessibilidade e mobilidade são fatores que transparecem quando se trata de construções do período colonial, não sendo diferente nos imóveis escolhidos para analise neste artigo, sendo o Teatro Amazonas e o Mercado Adolpho Lisboa, símbolos históricos para a cidade de Manaus, onde acarreta cultura e identidade amazonense. Onde transformar Manaus em Paris era o objetivo gerado pelos homens públicos, sonhando com uma Cidade-Luz em meio à selva amazônica, Leong (2011), deixando as características rústicas para ares modernos, preparando-a para atrair o capital investidor.

A construção do Teatro gerou controvérsias, já que haviam apenas cem mil habitantes, sua construção foi concretizada através do formato de projeto de lei, em 21 de maio de 1881, com influência do deputado Antônio José Fernandes, onde alegava necessária a criação para “civilização da nossa sociedade”. Porém a grande demanda e fama do ciclo da borracha trouxe a sociedade costumes e influencias europeias.

A obra teve início em 1884, o projeto arquitetônico foi elaborado pelo Liceu de Engenharia de Lisboa, tomando verdadeiro impulso com Eduardo Ribeiro 1982, oferecendo facilidade aos artistas brasileiros e estrangeiros. Sua inauguração oficial foi me 1986, com o estilo neoclássico influenciado pelo ecletismo do fim do século XIX, a construção trazia traços bem avançados para a época, onde tinha destaque a estrutura metálica da cobertura e na cúpula. De acordo com o Iphan (2014). O teatro foi tombado em 1966, sendo o primeiro monumento tombado em Manaus pelo Patrimônio Histórico.

Mercado Municipal Adolfo Lisboa se teve dentro do cenário de transformação do espaço urbano de Manaus. Em 1890 teve a criação de dois pavilhões na lateral da edificação, eram galpões abertos, feitos de madeira e telhas de zinco, após não comportar a demanda alcançada, em 1902 Adolpho Guilherme de Miranda Lisboa, contrata Felinto Santoro, para reforma e ampliação do Mercado Municipal com fachada voltada para a Rua dos Barés em alvenaria e tijolos, porém teve conclusão em 1906 com Afonso Campora. (Leong ,2011)

Tombado como patrimônio nacional em 1 de julho de 1987 pelo Iphan(2014), por exibir exemplares da arquitetura em ferro onde a utilização do ferro fundido, ligada a eventos internacionais voltados a tecnologia inovadora para a época, o “mercadão”, como é conhecido popularmente, é também a herança de

uma época bem sucedida economia baseada na borracha. Às margens do rio, chega a ser um dos mais importantes remanescentes da arquitetura importada no Brasil.

O tombamento de acordo com o IPHAN (2014) é o reconhecimento e proteção dado a um patrimônio cultural, podendo ser concebido pelos poderes federal, estadual e municipal, exercendo a conservação de interesse público, vinculando a fatos memoráveis da história do Brasil, tendo como objetivo o impedimento de sua deterioração e mantendo-o preservado para gerações futuras, para que haja devido acesso as instalações tombadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o objetivo deste artigo, o estudo caracterizou-se em uma pesquisa exploratória, com a abordagem qualitativa, uma vez que visa caracterizar a qualidade dos espaços em relação as condições de acessibilidade e mobilidade em patrimônios históricos tombados na cidade de Manaus. Os patrimônios históricos escolhidos para estudo foram o Teatro Amazonas e o Mercado Municipal Adolpho Lisboa, os dois cujos são tombados e contam parte da história da cidade.

A pesquisa tem como intuito a inclusão e experiência para as pessoas que visitam os espaços estudados. Para o desenvolvimento da pesquisa houveram visitas ao Mercado Adolpho Lisboa e ao Teatro Amazonas, com propósito de observação e identificação da dinâmica dos espaços com a sociedade, com atendimento indireto ao público, além de registros fotográficos aos aspectos a serem levados em questão.

Para o desenvolvimento das condições de acessibilidade nos locais, foi realizado pesquisas a cunho qualitativo com abordagem observatória. Dessa maneira foi elaborado um roteiro com fundamentação para as observações realizadas, tendo como base variáveis essenciais sobre as condições de acessibilidade, fundamentadas nas Normas do IPHAN, NBR 9050, e o Desenho Universal.

De acordo com um olhar macro, foram levadas em consideração variáveis quanto à existência de alguns elementos. A seguir será demonstrado através da tabela 5 os elementos a serem analisados nas condições físicas dos locais.

Tabela 5 - Quesitos de análise física e apresentação do local

Condições Físicas e apresentação	Acessos externos as edificações
	Ambientes externos
	Pisos táteis
	Sinalização
	Rampas
	Desníveis e escadas
	Estacionamento

Fonte: Autoria Própria

A partir dos quesitos demonstrados acima, dentre eles serão levados em consideração importantes para análise de pesquisa nos patrimônios, foram salientados quesitos de acordo com as variáveis citadas anteriormente com o intuito de melhor identificação das questões de estudos, como, critérios que agreguem as edificações, manutenção.

Os elementos citados serviram de base para seguimento de estudo e análise em cada um dos patrimônios, no intuito de identificação dos problemas que os usuários possuem quanto as estruturas dos locais em questão, já que possui destaque para que haja um bom funcionamento dos imóveis de forma inclusiva do público que o utiliza, independentemente de suas limitações momentâneas ou definitivas, buscando viabilidade coerente e eficácia .

3.1 ESCOLHA DO LOCAL PARA ESTUDO

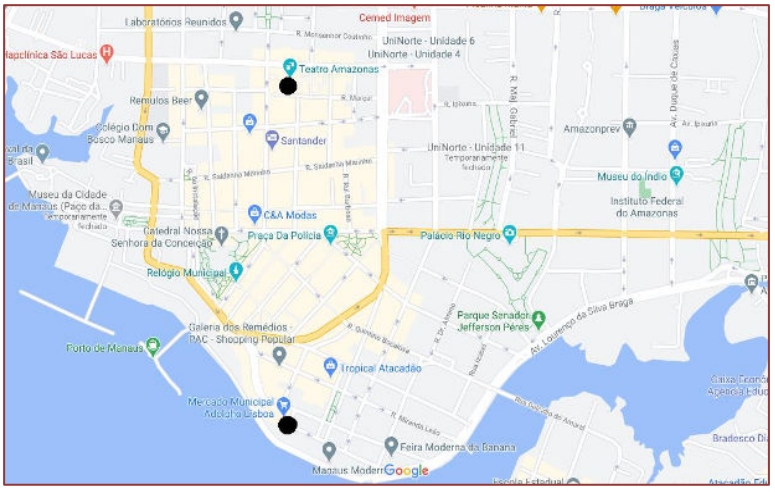
Sabemos que toda cidade possui sua identidade contada através de marcos históricos em seu meio, com monumentos, arquitetura, cultura, os patrimônios em território brasileiro possuem o determinado resguardo e proteção feita através dos IPHAN, por conta da relevância do sítio histórico-cultural rico localizado no Centro de Manaus, onde guarda parte da nossa história de uma época que regeu

acontecimentos marcantes e importantes a nível internacional, é de suma importância o olhar para esses patrimônios, pois não é apenas de uso do cotidiano manauara, por conta dessa repercussão as melhorias propostas acarretam uma admiração, pelo fato de mesmo com o passar dos tempos os usuários de seja qual for o lugar, ou qual for sua condição, tenha o prazer de usufruir da beleza dos patrimônios escolhidos.

3.2 LOCALIZAÇÃO

Manaus, capital do estado do Amazonas localizada na região Norte do país, à margem esquerda do Rio Negro, possuindo uma área territorial de 11.401,092 km^2, com população de 1.802.014 habitantes, com a característica de clima equatorial quente e úmido, temperatura média anual de 26° C de acordo com dados do IBGE (2010). Traz consigo a localização dos patrimônios escolhidos para estudo neste artigo, onde estão situados próximo as margens do rio negro no Centro de Manaus, o Teatro Amazonas esta situado na rua Avenida Eduardo Ribeiro no Número 659, já o Mercado Adolpho Lisboa é localizado na rua Carvalho Paes de Andrades no Número 140, será demonstrado no mapa do centro da cidade a seguir na figura 2.

Figura 2 – Mapa Centro da Cidade de Manaus



Fonte: Google Maps

4. RESULTADOS

A observações in loco demonstraram a falta de conformidade em relação aos quesitos de acessibilidade devidos e os que já estão introduzidas nas instalações dos imóveis em estudo, trazendo controvérsias quanto a inclusão de portadores de algum tipo de deficiência ou os de mobilidade reduzida, pois os acessos nos locais deixam a desejar em questão de parâmetros de acessibilidade. Os problemas serão demonstrados através de fotografias para que haja melhor percepção dos diagnósticos dos imóveis.

Houveram visitas para identificação dos problemas de cada imóvel, levando em consideração os espaços de acessibilidade já existentes nas construções, registrando e analisando suas condições que no caso em questão são: estacionamento, áreas de acesso, áreas de passeio, são alguns dos quesitos macro para análise que serão considerados para que haja bom proveito do local e de forma natural e sem empecilhos.

4.1 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

4.1.1TEATRO AMAZONAS

Observou-se as condições de acessibilidade para o estacionamento no Teatro onde foi identificada apenas uma vaga, localizada na via de acesso na parte posterior, e nem uma foi diagnosticada na área frontal, essa única vaga tem uma distância ao acesso a rampa e a mesma não está em boas condições para uso, as rampas de acessibilidade para uso estão sem manutenção e com obstáculos para a utilização da mesma, causando empecilhos de uso. Será demonstrado os detalhes na figura 1.

Figura 1 – Vaga de carros e rampa de acesso

Fonte: Autoria Própria

A área para passeio no Teatro é feita de pedras irregulares, com piso trepidante em toda extensão, e não há inclinação adequada para subida em nenhuma das rampas nas laterais, dificultando assim o trajeto ao acesso, ou as raízes de arvores no entorno inferior salientam e danificam o piso com rachadura e relevos, como demonstrado na figura 2.

Figura 2- Área de passeio do entorno e rampa de carros superior

Fonte: Autoria Própria

Com relação aos acessos externos do Teatro, com o enfoque na calçada interligando ao interior há apenas uma porta paralela para acesso privado, porém o usuário que possui dificuldades por conta da largura efetiva para manobra, fazendo com que fique apenas ali pois não há meios fácil para passagem continua no entorno. Sendo que não se deve haver constrangimento quanto ao acesso segundo Cardoso (2009). No entorno localizado na parte superior do Teatro Amazonas é possível observar algumas rampas de acessibilidade, porém em locais não estratégicos para visita e de forma inadequado para uso de cadeiras de rodas , bengalas, carrinhos de bebê, deficiente visual, pois as instalações íngremes e depredadas dificultam o acesso ao estabelecimento onde existe relevos nas passagens para trafego, como mostra figura 3.

Figura 3 Acessos da via para o Teatro

Fonte: Autoria Própria

Por conta de o Teatro Amazonas ser acima do nível da rua, o acesso é composto de escadas e rampas para carros, onde mesmo havendo ajuda uma pessoa o portador de necessidade ou com mobilidade reduzida teria empecilhos para a execução do trajeto de forma unitária ou com acompanhante, por possuir certas barreiras, por conta do piso, da inclinação, largura efetiva para realização de tal tarefa com êxito, fazendo assim com que muitas vezes não haja a presença de pessoas portadoras deficiência.

4.1.2 MERCADO ADOLPHO LISBOA

No Mercado também apenas uma vaga, com utilização adequada para saída do estacionamento, porém o acesso existente para entrada ao local está sem manutenção e degradada, as larguras são consideráveis para uso de carrinhos de bebê, muletas, cadeiras de rodas. Para algumas passagens de setor deve-se voltar ao local de início para o uso num todo assim a pessoa com mobilidade reduzida deve dar uma volta no entorno até encontrar uma entrada para o local onde quer acessar, a figura 4 e 5 mostrara a situação.

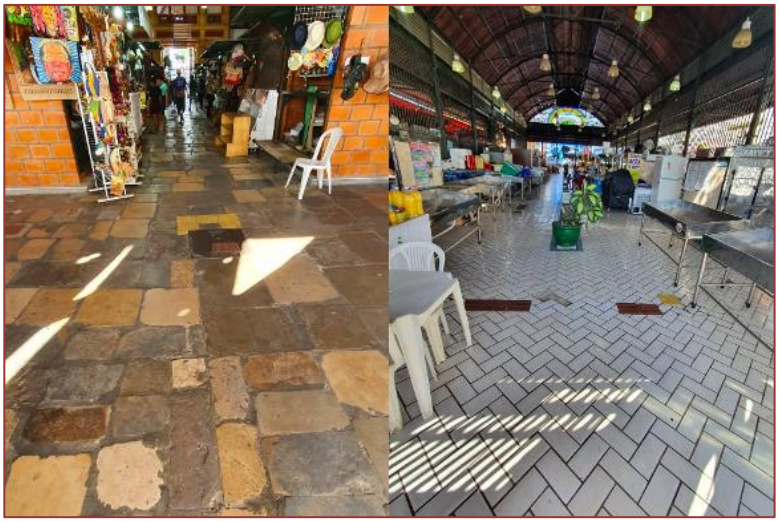
Figura 4- Estacionamento e rampa de acesso

Figura 5- Desconformidade de locomoção

Fonte: Autoria Própria

O piso do Mercado é composto com pedras lisas e trepidantes que dificultam a passagem de pessoas com mobilidade reduzida e alguns locais planos, e foram encontradas placas táteis em pouquíssima extensão, implicando assim a falta de acesso para os que necessitam de pisos táteis, como demonstra a figura 5.

Figura 5- Diagnóstico do piso e a falta de conformidade de piso táctil



Fonte: Autoria Própria

As edificações atraem olhares de visitantes no cotidiano, obtendo assim uma grande demanda de pessoas, sendo frequente o acompanhamento de guias de turismo, porém algumas vezes são identificadas pessoas que possuem algum tipo de barreira, como travessia da via, locomoção livre entre as acomodações do mercado, por conta de muitas escadas. .

4.2 INTERVENÇÕES ANTERIORES

Os dois imóveis passaram por intervenções e reformas ao longo doa anos, visando a preservação e memória dos locais, no entanto mesmo havendo a implantação de acessibilidade não há consistência nos quesitos implementados, como por exemplo a instalação de elevador de acessibilidade no Teatro Amazonas previsto para 2019 por órgãos de infraestrutura pública, onde até os dias atuais não foi concretizado, podendo haver uma boa repercussão de visitantes e usuários, mesmo com empecilhos físicos ou momentâneos.

A última reforma feita no mercado Adolpho Lisboa foi em 2014 há 7 anos, onde foram feitas adaptações para usuários que necessitam de acessibilidade para uso do mercado, fazendo assim com que um novo nicho de pessoas fosse alcançadas, porém com a falta de manutenção e o descaso do poder público muitas dessas implantações feitas foram deterioradas e perdidas, como os corrimões das rampas de acessibilidade e os pisos táteis.

Para percepção voltada a falta de acessibilidade de maneira coerente será usado como base nas Normas do IPHAN, NBR 9050, Desenho Universal, para identificação em forma de tabela, para quantificar os quesitos existentes ou não referentes a normas citadas.

As observações e requisitos para serem atendidas nas instituições são embasados em leis e normas técnicas direcionadas as adequações que estão em questão neste artigo, onde através de tabelas foram demonstradas de forma qualitativas os requisitos que serão utilizados em estudo e composto de propostas aos locais em questão, buscando viabilidade e a não descaracterização dos patrimônios

Foram diagnosticadas inconsistências quantos aos parâmetros devidos e existentes, onde mesmo havendo rampas, são colocadas inadequadamente e sem sinalização das mesmas trazendo controvérsias na implantação e problemas em relação a acessibilidade e mobilidade em cada imóveis.

4.3 APLICAÇÃO DA PROPOSTA METODOLÓGICA DA PROBLEMÁTICA NOS PATRIMÔNIOS - TEATRO AMAZONAS E MERCADO ADOLPHO LISBOA

As observações in loco demonstraram a falta de conformidade em relação aos quesitos de acessibilidade já introduzidos. O digrama a seguir na Tabela 6 apresentara as medidas de impacto causadas pela

problemáticas em estudos, demonstrados na metodologia. A tabela foi definida e organizada de maneira que possa ser identificado os problemas, facilitando a compreensão e a importância de tal implantação das medidas corretamente.

Tabela 6 – Identificação das problemáticas dos imóveis tombados em estudo

	Teatro Amazonas	Mercado Adolpho Lisboa
Quantos pontos de entrada existem nos locais?	5	6
Nestes pontos de entrada quantos deles a acessibilidade para pessoas com necessidade especiais?	0	3
Em quantos destes as pessoas conseguem ter acesso sem precisar de auxílio de outras pessoas?	0	3
As vagas de estacionamento existentes são próximas as entradas ou rampas de acessibilidade?	Sim	Sim
É existente pisos táteis para identificação das entradas para portadores de deficiência visual?	Não	Não
Existe sinalização adequada aos usuários que necessitam de identificação para o uso dos imóveis?	Não	Não

Fonte: Autoria Própria

A identificação dos impasses nos imóveis será levada em consideração para que possa ser formulado uma tabela básica para implantação de acessibilidade de maneira coerente, para a análise do local de acordo com as normas e desenho universal, aos parâmetros mínimos que deveriam existir, e ajudando na melhor identificação e quantificação dos quesitos a serem encontrados nos patrimônios escolhidos para estudo, afim de demonstrar de forma sucinta os requisitos que fazem com que os ambientes possam unificar acessibilidade e conforto, para todos que fazem uso dos espaços e possuem algum tipo de empecilho, sendo momentâneo ou definitivo.

Os requisitos básicos de acessibilidade serão demonstrados, demonstrando o que pode ser executados de acordo com as normas do IPHAN, que possui como base quesitos da NBR 9050 e Desenho Universal, onde cada um obtém uma característica quanto a execução, porém com o mesmo propósito de trazer conforto e segurança aos usuários que necessitam de tais recursos. Será demonstrado a seguir na tabela 7.

Tabela 7 – Requisitos Básico para Acessibilidade

NBR 9050	Desenho Universal
Parâmetros antropométricos (deslocamento) - Pessoas em pé, cadeira de rodas, alcance manual, objetos tais como corrimãos e barras de apoio.	**Uso equiparável** – cada elemento deve ser útil e comercializável às pessoas com habilidades diferenciadas.
Comunicação e sinalização- Formas de comunicação e sinalização visual, tátil, sonora	**Flexibilidade de uso** – cada elemento atende a uma ampla gama de indivíduos, preferências e habilidades.
Acessos e circulação – Pisos regular, desníveis evitados, entradas acessíveis, áreas de descanso (rampas), Corrimãos e guarda-corpos, circulação interna, áreas externas com pisos conformes.	**Uso simples e intuitivo** – o uso deve ser de fácil compreensão, independentemente do nível de formação, do conhecimento do idioma.
Locais de reunião- Os cinemas, teatros, auditórios e similares devem possuir, na área destinada ao público, espaços reservados para P.C.R., assentos para P.M.R. e assentos para P.O.	**Informação perceptível** – a comunicação ao usuário deve ser eficaz e as informações necessárias disponíveis, independentemente de sua capacidade sensorial
Mobiliário- acessíveis para realização de tarefas, mesas ou superfícies pelo menos 5% delas, acessíveis, acentos sem interferis na faixa livre.	**Tolerância ao erro** – devem-se minimizar o risco e as consequências adversas de ações involuntárias ou imprevistas
Semáforos ou focos de pedestres - situar-se à altura entre 0,80 m e 1,20 m do piso, com mecanismos que emitam um sinal sonoro,	**Baixo esforço físico** – cada elemento pode ser utilizado com um mínimo de esforço, de forma eficiente e confortável.
Vegetação - Árvores não devem interferir com a faixa livre de circulação, Muretas, orlas, grades ou desníveis no entorno da vegetação não devem interferir na faixa livre de circulação.	**Tamanho e espaço para aproximação e uso** – cada elemento deve oferecer espaços e dimensões apropriados para interação, alcance, manipulação e uso.

Fonte: ABNT NBR 9050:2004 e Mobilidade e acessibilidade urbana em centros históricos - Iphan, 2014.

Os requisitos básicos de acessibilidade são simples porem necessitam de atenção quanto a execução nos locais escolhidos para estudo, pois possuem larguras efetivas para o cumprimento das tarefas de maneira plausível e regular, porém não foi essa a realidade encontrada, pois percebe-se descaso para com os que necessitam de uso com as características as normas e desenho universal, mesmo já havendo intervenções ainda encontram-se irregularidades para uso efetivo num todo. Quanto a Acessibilidade Espacial é a possibilidade de participação na sociedade em condições de igualitárias, sendo uma das condições para atingir a inclusão social (OLIVEIRA, 2006).

4.5 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO PARA ACESSIBILIDADE

De acordo com o contexto histórico e o marco de uma época de suma importância em Manaus, onde na utilização dos dois patrimônios o Teatro Amazonas e o Mercado Adolpho Lisboa reflete no uso cotidiano dos seus habitantes, conduziu ao estudo deste artigo para elaboração de intervenções capazes de acolher todos os tipos de visitantes, independentemente de sua condição provisória ou definitiva, sendo capazes de estabelecer compromisso quanto a proteção dos patrimônios e a igualdade ao acesso a todos os cidadãos.

Para tal, será conjugado princípios nacionais de intervenção nos patrimônios, com a meta de intervenções mínimas ou nulas quanto a estrutura dos patrimônios, buscando versatilidade no uso de matérias para a adequação, com o intuito de que os materiais usados possam exercer um bom desempenho, para que a viabilidade de sua utilização nos espaços não necessitem de manutenção regular, já que é um dos pontos da problemática deste artigo.

4.5.1 UTILIZAÇÃO DE AÇO COMO ALTERNATIVA DE SISTEMA MODULAR

O sistema modular consiste na pré-fabricação de elementos estruturais (Lawson, 2007; Lacey et al., 2018). A utilização de sistemas modulares concede estruturas de alta qualidade e rapidez para construção e na utilização diversificada, colaboram na redução de obra, e desperdício de materiais gerados na construção, acarreta menos interferência ao meio ambiente, e a adaptabilidade nas estruturas forma um leque de oportunidades e usabilidade.

De acordo com Lacey et al. (2018) o uso de sistemas modulares está em expansão constante, junto com estudos relevantes relacionados ao aço. O aço, constitui elementos metálicos leves, portanto, é uma alternativa para os projetos que buscam redução de custos e agilidade. Dentro desse contexto, encontra-se uma subdivisão entre três ramos distintos:

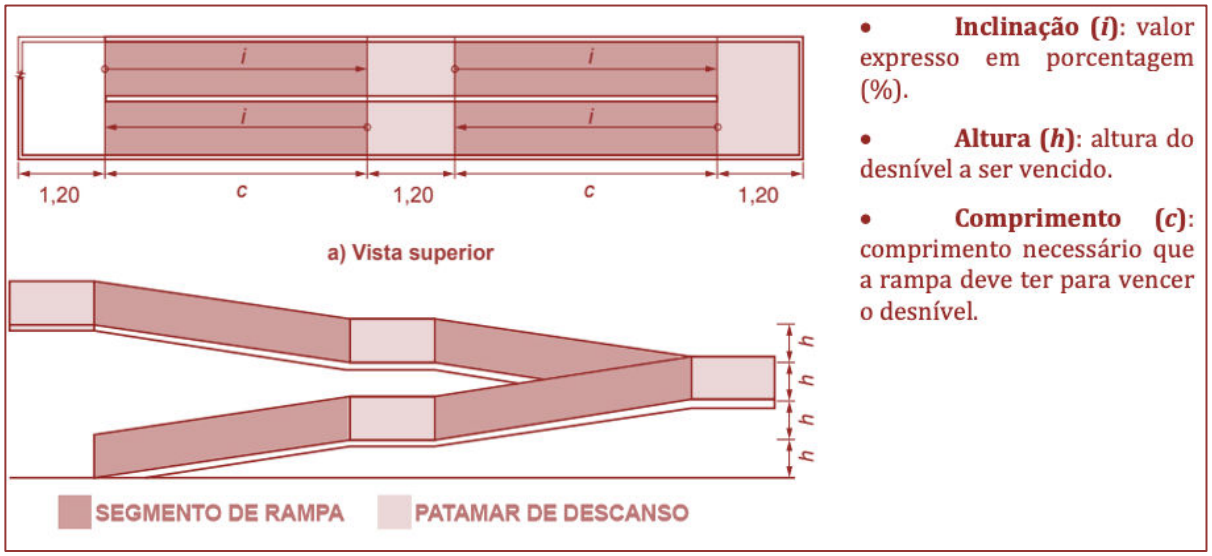
- Intra-modulares: realizada com soldas e parafusos;
- Inter-modulares: Parafusos e pinos, ao invés de soldagem no local;
- Modulares em fundações: Podem consistir em bases de concreto in situ ou pré-moldada.

No contexto de sistemas modulares, pontes metálicas utilizam este padrão de pré fabricação, por possuírem estruturas leves, proporcionam também fundações com economia, de acordo com Parke et al. (2008).

Segundo Lin e Yoda (2017), a utilização de estruturas metálicas possui vasta utilização ao redor do mundo, exibindo soluções para pedestres, ciclistas, automóveis. A sua resistência e durabilidade com os cuidados de pintura apropriada, facilitam na fabricação e no processo construtivo utilizando o aço está em vantagem quando comparado a outros materiais.

Nesse sentido a utilização do aço traz vantagem para que haja utilização nos patrimônios citados, como o Teatro Amazonas e o Mercado Adolpho Lisboa, no Teatro seria uma adaptação necessária já que seu nível elevado a vencer mostra empasses quanto ao acesso regular, a rampa utilizaria de suas medias e aos critérios da NBR 9050 seria de grande utilidade para adequação, sem que haja descaracterização do espaço, como demonstrado na figura 6.

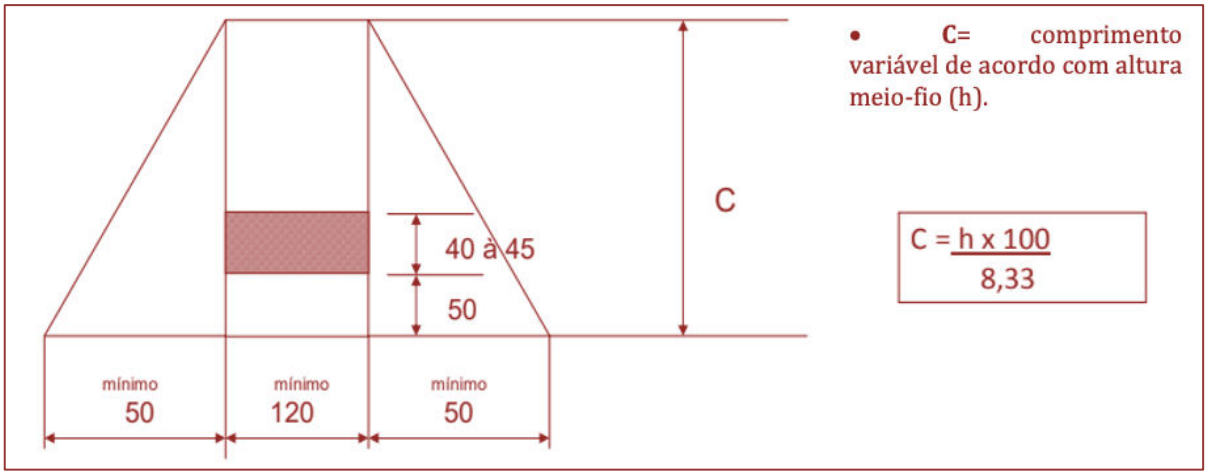
Figura 6 – Alternativa projeto de rampa para Teatro Amazonas



Fonte: Rampa Acessível NBR 9050

Os dois patrimônios necessitam de reparos nas suas rampas de acesso existentes, o aço para essa utilização seria de grande valia para que haja conformidade na utilização dos deficientes, a figura 7 faz representação do cálculo da distância horizontal (C) que as rampas de acesso possuem para que atenda a inclinação máxima de 8,33% (inclinação suave) exigida pela norma.

Figura 7 – Dimensões Da Rampa De Acesso



Fonte: Manual de Acessibilidade IPUF

4.5.2 PROTEÇÃO A CORROSÃO DO AÇO

Havendo a utilização da matéria é de suma importância que na fase preliminar a utilização do sistema modulado seja executado parâmetros para a contenção de corrosão no material, com medidas para que exerça a durabilidade esperada, existem parâmetros a serem seguidos para que haja melhor usabilidade e durabilidade do material na estrutura, isso se concede através da preparação correta da superfície durante a concepção, com a ajuda de diagnósticos para a determinação do ambiente ao qual o material será inserido, uma vez diagnosticado o ambiente de exposição, fatores que determinam a corrosão também serão.

De acordo com a norma ISO 12944-3, o objetivo de diagnóstico de uma estrutura é o de garantir que seja adequada, que possua estabilidade, durabilidade, resistência, o projeto deve ser feito de forma que facilite a preparação da superfície da estrutura, para pintura, inspeção, manutenção. A maneira mais eficiente é

que se faça a projeção correta, não favorecendo o ataque corrosivo, a pintura tem um papel importante quando a concepção.

Durante a concepção deverão ser cumpridos critérios básicos a fim de minimizar a corrosão segundo a tabela 8 (Pereira, 2006) (Perneta, et al., 2010):

Tabela 8 - Critérios para minimização de corrosão na estrutura de aço

	Acessibilidade
Parâmetro que ajudam na não corrosão do aço	Elementos com superfícies horizontais devem ter ligeira inclinação
	Redução do número de juntas e correta selagem para evitar zonas de estagnação
	Respeito dos espaçamentos mínimos entre superfícies para inspeção visual e acesso para alcançar os elementos metálicos com ferramentas.

Fonte: Proteção de estruturas metálicas (2006)

A boa preparação na superfície para o revestimento é a garantia de boa aderência. Os sistemas para a proteção nas estruturas contra a corrosão chegam a ser compostos por várias camadas a fim de criar barreiras variadas para a corrosão não afetar a estrutura, como por exemplo a aplicação de revestimentos orgânicos, metálicos com a combinação de dois tipos, conhecido como sistema duplex. (Perneta, et al., 2010).

Na ISO 12944 consta-se considerações quanto a aplicação. São descritas apreciações sobre segurança e saúde e são classificadas em três categorias de durabilidade:

- Baixa – 2 a 5 anos;
- Média - entre 5 e 15 anos
- Alta - superior a 15 anos.

Exemplificando a proposta para uso do aço nos patrimônios no ambiente sendo sua classificação C3(Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada de dióxido de enxofre), durabilidade elevada (superior a 15 anos), será demonstrado na tabela 9 recomendações para a execução na estrutura de projeto nos patrimônios, visando maior durabilidade.

Tabela 9- Recomendação para a execução na estrutura modulada

Preparação da Superfície	Limpeza prévia da superfície através de meios mecânicos e solventes.
Primário	1ª demão de primário epoxídico com pigmentos anticorrosivos - ENPS 80 µm.
Acabamento	1 demão de acabamento de tinta de base poliuretano – ENPS 40 µm Espessura total: ENPS 240 µm.

Fonte: IPQ (2011)

Através da tabela é possível visualizar a importância de serem feitos procedimento adequados quanto a preparação para execução, assim aumentam a eficácia dos parâmetros que serão utilizados junto à matéria escolhida para uso, para prolongar a vida útil da estrutura modulada, para melhor adequação ao Teatro Amazonas, já que se faz necessário a execução, e no Mercado os mesmos parâmetro de matérias serão designados a rampas de pequena inclinação e os acessos as rampas de cadeiras de rodas, no intuito de não deterioração das intervenções impostas, é preciso ser seguido os requisitos para implantação nos locais de estudo.

Diante das recomendações feitas como proposta dos espaços de acessibilidade dos patrimônios em questão neste artigo, foi levantado uma interferência visando a melhor alocação de uma estrutura com o intuito de usabilidade variada e levando em conta os valores de classes de usuário em nossa cidade, com a utilização de estrutura metálicas e do aço para execução, e os requisitos de proteção a estruturas a serem

concedidos, será concedido meios para que haja maior inclusão e respeito tanto cultural, quanto nos patrimônios que carregam marcos históricos.

5. CONCLUSÃO

Uma vez apresentadas as problemáticas encontradas nos pontos turísticos abordados neste artigo, onde através de visitas in loco foi realmente constatado que pessoas com necessidades especiais ou com mobilidade reduzida acessam ou movimentam-se nessas edificações enfrentando obstáculos assim como em rompas de acesso, sinalização, manutenção, sendo difícil a execução da tarefa por usuários portadores de alguma dessas problemáticas em questão estando sozinhas, por conta de condições atuais necessita-se de um acompanhante para o auxílio na movimentação, onde foram diagnosticados irregularidades no patrimônios escolhidos assim como a falta de sinalização em pontos chaves destes locais.

Neste artigo foram apresentadas propostas de adequações para os pontos turísticos em questão (Teatro Amazonas e Mercado Adolpho Lisboa), que visam dar maior mobilidade para quem tem necessidades especiais fazendo com que esse público em especial não dependa de acompanhante para ter acesso completo a experiencia proporcionada a visita destes locais. No Teatro Amazonas por exemplo, a maior intervenção será a implantação de uma rampa metálica sobreposta a estrutura já existente, de forma a não descaracterizar a estrutura do mesmo, já no Mercado Adolpho Lisboa, a intervenção proposta será a manutenção e adequação as normas de acessibilidades da NBR 9050 nas estruturas já identificadas.

A intervenções propostas buscam demonstrar que é possível a incorporação de parâmetro palpáveis e adequados para as edificação, no intuito de que sejam utilizados matérias que tragam o bom funcionamento e também com cuidados na etapa de execução para que haja durabilidade e o bom desempenho das estruturas a serem utilizadas, buscando o planejamento voltado ao direito do cidadão de ir e vir e a necessidade de espaços que atendam a todos na sociedade sendo essencial no desenvolvimento social e urbano.

Foi demonstrado neste artigo que tais alterações podem ser feitas, sem a descaracterização do local, e devem ser feitas de forma que atendam a todos as pessoas, uma vez que este direito é garantido em nossa Constituição vigente, e que mesmo que as edificações em questão sejam tombadas como patrimônio histórico há meios para tais intervenções de maneira coerente, uma vez que seus acessos não atendem toda a população as adequações propostas devem ser feitas de forma que englobem a todos os tipos de necessidades, sendo ela momentânea ou definitiva.

Estima-se que este estudo tenha cumprido com o seu objetivo de demonstrar os problemas existentes da mobilidade urbana, mais precisamente, a acessibilidade aos deficientes. Entretanto, recomenda-se que outras pesquisas sejam realizadas para determinar a melhor maneira de inserir mudanças e melhorias, além de estabelecer um diálogo direto com os portadores de deficiência a fim de identificar quais suas maiores dificuldades de acessibilidade enfrentados ao visitar esses patrimônios.

REFERÊNCIAS

[1] Acessibilidade em ambientes culturais / Eduardo Cardoso, Jeniffer Cuty, Organizadores. - Porto Alegre : Marca Visual, 2012.

[2] AGUIAR, Fabiola de Oliveira/ Acessibilidade Relativa dos Espaços urbanos para pedestres com restrição de mobilidade, 2010

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. 148 p.

[4] ALVAREZ, E.; CAMISÃO, V. Guia operacional de acessibilidade para projetos de desenvolvimento urbano com critérios de desenho universal. Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2007.

[5] ARANTES, A. (2009). Patrimonio Cultural e Cidade. In Fortuna, C. & Leite, R, P. Plural de Cidade: Novos Léxicos Urbanos. Coimbra: Almedina.

[6] BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência.

[7] CARTILHA CENSO 2010, IBGE 2012.

[8] CHOYA, Françoise. “A Alegoria do Património”. Lisboa, Edições 70, Lda., 2010.

[9] DALLASTA, Viviane Ceolin. A situação das pessoas portadoras de deficiência física. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

[10] FONSECA, M. A. P. (2005). Espaço e políticas de turismo e competitividade. Natal: EDUFRN. Fonseca, M. C. L. (2005). O Patrimônio em processo. Rio de Janeiro: UFRJ.

[11] GALVÃO. "Impressões e reflexões de Eduardo Galvão, em Manaus – Notas de Viagem, 1951", p. 122.

[12] GHIRALDI, André L. D. Análise de acessibilidade em calçadas, vias públicas e prédios públicos na cidade de Doutor Camargo-PR. 2014. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

[13] GODIM, M. F. (2001). O Transporte não motorizado na Legislação Urbana do Brasil. Dissertação de Mestrado UFRJ 185 p

[14] Instrução Normativa nº 1, de 28 de fevereiro de 2014 Altera a Instrução Normativa nº 1, de 25 de novembro de 2003, que trata da acessibilidade a bens culturais imóveis

[15] IPQ, 2011. NP EN ISO 12944-5 - Tintas e vernizes - Protecção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura - Parte 5: Esquemas de pintura. s.l.:IPQ.

[16] IPHAN -Monumentos e Espaços Públicos Tombados-Manaus (AM) (2014). Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1215/

[17] LACEY, A. W. et al. Structural response of modular buildings – An overview. Journal of Building Engineering, v. 16, p. 45-56, 2018.

[18] LAWSON, R. M. Building Design Using Modules. England: The Steel Construction Institute, 2007.

[19] LEONG, Leyla Martins. Mercado Adolpho Lisboa, Manaus – 1883. In: Mercados de ferro do Brasil, aromas e sabores. Brasília, D.F: Instituto Terceiro Setor, 2011. p. 51- 71.

[20] LIN, W.; YODA, T. Bridge Engineering: Classifications, Design Loading, and Analysis Methods. Elsevier Science, 2017.

[21] MALATESTA, Maria Ermelina Brosch. Andar a pé: um modo de transporte para a Cidade de São Paulo. 256 f. Março 2008. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Área de Paisagem e Ambiente da Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

[22] Manual de acessibilidade IPUF Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/26_12_2011_17.31.26.f930687d1baa0226e641b934b6fa8d6c.pdf

[23] OLIVEIRA, A. S. A. Avaliação das condições de acessibilidade espacial em centro cultural: estudo de casos. 2006. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

[24] PARKE, G. A. R.; INSTITUTION OF CIVIL, E.; HEWSON, N. R. ICE Manual of Bridge Engineering. Thomas Telford, 2008.

[25] PEREIRA, E. V., 2006. Protecção de estruturas metálicas. Apresentação, Lisboa.

[26] PERNETA, H., Correia, M. J., Baptista, A. M. & Salta, M. M., 2010. Reparação de estruturas metálicas. Lisboa, Comissão Organizadora do Encontro Nacional reabilitar 2010.

[27] PERNETA, H. M. B., 2010. Pontes Metálicas em Ambiente Marítimo: Metodologias de Avaliação, Reparação e Protecção, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira.

[28] Protecção de estruturas metálicas – Elsa Vaz Pereira (2006)

[29] SILVA, Claúdio Oliveira da. Cidades concebidas para o automóvel: mobilidade urbana nos planos diretores posteriores ao Estatuto da Cidade. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

[30] SILVA, G.; Martins, L. "Sistema de Sinalização para vias de circulação de pedestre: um estudo sobre pesos táteis." In: ABERGO 2002. Recife: ABERGO, 2002.

[31] ZEGEER, C.V.; SEIDMAN, C.; LAGERWEY, P.; CYNECKI, M.; RONKIN, M.; SCHNEIDER, R. (2002) Pedestrian Facilities Users Guide: Providing Safety and Mobility. Federal Highway Administration, McLeen, U.S.A.

[32] PARKE, G. A. R.; INSTITUTION OF CIVIL, E.; HEWSON, N. R. ICE Manual of Bridge Engineering. Thomas Telford, 2008.

[33] ISO, 1998. ISO 12944-3 - Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems Part 3: Design considerations. s.l.:ISO

Capítulo 13

Extensão do sistema de abastecimento de água no município Careiro Castanho, no Amazonas

Mariana Teobaldo Gonçales
Pedro Henrique Batista de Paula
Sara dos Santos Santarém
Luciane Farias Ribas

Resumo: O saneamento básico é de fundamental importância para a sociedade, uma vez que ele implica diretamente na saúde das pessoas. O Sistema de Abastecimento de Água (SAA), visa proporcionar condições básicas de qualidade de vida.

A ampliação do SAA em Careiro Castanho, no Estado do Amazonas, se faz necessária em virtude das condições atuais precárias do município e para que possa garantir à população o acesso a uma água tratada e de qualidade, nos próximos vinte anos.

O objetivo deste artigo é demonstrar as etapas do estudo da ampliação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) por meio de estudo de caso no município de Careiro Castanho, no Estado do Amazonas, avaliando as soluções baseadas nas condições locais. Para isso foram levantados dados para o dimensionamento do sistema de abastecimento de água, por meio de análise documental e de dados secundários de uma instituição governamental. Com isso foi possível especificar as características de cada etapa do sistema de abastecimento de água. O estudo ainda permite apresentar as partes do sistema de abastecimento de água proposto, por meio de representação gráfica, indicando os parâmetros do projeto.

Palavras-chave: Sistema de abastecimento de água, Careiro Castanho, ampliação.

1 INTRODUÇÃO

É inegável que o bem-estar da população de uma cidade passa pelas condições de saneamento básico existentes. Tais condições, quando praticadas de maneira satisfatória, são fundamentais para a promoção da saúde pública, eliminação de fatores de risco à saúde, elevação do perfil social e ambiental da comunidade.

Segundo Mariana Garcia (2012), sua finalidade é promover saúde à população, prevenir doenças, e melhorar a qualidade de vida de forma geral, aumentando a produtividade e facilitando a atividade econômica do país.

Por possuir conceituação ampla, o saneamento básico guarda relação com a distribuição e controle de recursos básicos. Volta-se ao tratamento, abastecimento e distribuição de água, coleta e destinação adequada de lixo, limpeza pública e esgoto sanitário, tendo em vista o objetivo maior de promover o bem-estar geral da população.

Tais melhorias são possíveis por meio dos vários serviços oferecidos à população, como o sistema de abastecimento de água, o serviço de esgoto, a coleta, o destino dos resíduos sólidos, entre outros serviços vitais à vida diária do ser humano.

Diversos setores da sociedade são impactados com um saneamento básico eficiente. Os serviços de água tratada, coleta e tratamento de esgotos reduzem a mortalidade infantil, melhoram a educação, fomentam o turismo, valorizam os imóveis e a renda dos trabalhadores, preservam os recursos hídricos, entre outros benefícios.

O Município do Careiro Castanho, no Estado do Amazonas, que é objeto da presente pesquisa, localiza-se na Região Metropolitana de Manaus. Seu acesso é feito por meio fluvial e rodoviário, com duração aproximada de 02 (duas horas).

Tendo em vista o crescimento populacional projetado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o município, faz-se necessária uma projeção do crescimento da população do município do Careiro Castanho, uma ampliação no sistema de abastecimento de água, a fim de que, futuramente, a cidade não venha a ter problemas quanto à distribuição e tratamento desse mineral.

A elaboração de um projeto de sistema de abastecimento de água requer estudos aprofundados e mão-de-obra especializada. Inicialmente, faz-se o estudo da população a ser atendida e de sua taxa de crescimento, assim como de suas necessidades comerciais, industriais, agrícolas e populacionais. Com base nas informações obtidas no estudo, o sistema de abastecimento é projetado visando atender a um horizonte de projeto, que depende de fatores como: custo da obra, vida útil, evolução da demanda de água, flexibilidade na expansão futura do sistema e fatores ligados ao estudo do crescimento populacional (TSUTIYA, 2006).

O objetivo deste artigo é descrever as etapas do estudo da ampliação do sistema de abastecimento de água (SAA) por meio de estudo de caso no município de Careiro Castanho, avaliando as soluções baseadas nas condições locais.

Inconteste é a relevância do serviço ora proposto. Nesse sentido, o presente trabalho justifica-se na perspectiva de servir como referencial sugestivo para sua execução, além de funcionar como fonte bibliográfica para eventuais pesquisas acerca da temática abordada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRIA DA ÁGUA NA MITOLOGIA

De acordo com Fátima Casarin e Mônica Santos (2011), as primeiras civilizações do mundo se situavam-se sempre nas proximidades de grandes rios ou nas costas marítimas. O elemento água sempre foi inspirador de indagações e motivo de veneração em diferentes culturas antigas.

Na visão mitológica, a água – principalmente em forma dos mares – trazia consigo as sementes da vida, os segredos e os fermentos de suas múltiplas formas, além do temor. Por toda essa importância simbólica e também prática, a água é um elemento de grande força em diversas culturas. Desde as sociedades antigas, a água possui significativa importância em inúmeras funções. Apropriada para lavar, era considerada agente de purificação, matava a sede dos animais e ainda possibilitava o crescimento da vegetação sobre a terra irrigada.

2.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA A SOCIEDADE

De acordo com o site Brasil das Águas (2016), a água que pode ser consumida, sem risco para a saúde do ser humano, é considerada potável. Esta, tem função de extrema importância no organismo, assentando todo o metabolismo em reações desenvolvidas em soluções aquosas. A água ajuda na reposição dos níveis diminuídos de glicogênio muscular e hepático, por meio dos nutrientes que são transportados, entre eles, sais minerais e vitaminas. Os produtos tóxicos resultantes do metabolismo energético são eliminados pela urina, e a água possui um papel fundamental no transporte dessas substâncias.

Para a água ser considerada potável, do ponto de vista físico, ela precisa ser: inodora, incolor, ter sabor indefinível e ser fresca. Na esfera biológica, a fim de ser consumida pelas pessoas, a água não pode ter organismos patogênicos.

2.3 SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico é de fundamental importância na qualidade de vida da sociedade. Para tanto, a A Lei N° 11.445, de 05/01/2007, estabelece suas diretrizes nacionais. Assim sendo, as medidas necessárias para a sua implementação em qualquer localidade do país, devem ser norteadas por esse instituto legal.

2.4 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo Tsutya, M. T. (2006), entende-se por concepção de sistema de abastecimento de água, o conjunto de estudos e conclusões referente ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para caracterização completa do sistema a projetar.

No conjunto de atividades que constituem o projeto de um sistema de abastecimento de água, a concepção é elaborada na fase inicial do projeto. O estudo de concepção pode, às vezes, ser precedido de um diagnóstico técnico e ambiental da área em estudo ou, até mesmo, de um Plano Diretor da bacia hidrográfica.

Basicamente, a concepção tem como objetivo:

- Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de abastecimento de água;
- Diagnóstico do sistema existente, considerando a situação atual e futura;
- Estabelecimento de todos os parâmetros básicos do projeto;
- Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas para as alternativas selecionadas;
- Escolha da alternativa mais adequada mediante comparação técnica, econômica e ambiental, entre as alternativas;
- Estabelecimento das diretrizes gerais do projeto e estimativas das quantidades de serviços que devem ser executados na fase do projeto.

Segundo o IBGE, 2013, o nome do município originou-se da palavra Careiro, que significa caminho do índio e está vinculado ao traçado do rio que o corta. Registra-se como primeiro morador da região, em 1870, o caboclo Francisco Ferreira, mais conhecido como Chico Macucu. Em 1877, parte dos retirantes nordestinos que chegavam a Manaus fixaram-se no Careiro, incrementando o povoamento da região. Os colonos foram sustentados pelo Governo do Estado durante seis meses, tendo antes recebido cada um seu lote de terra para trabalhar. Com o decorrer dos tempos, Careiro e Cambixe encheram-se de habitantes, tornando-se a zona agropecuária do Amazonas.

3 METODOLOGIA

Refere-se o presente trabalho ao resultado de uma pesquisa de campo levada a efeito no Município de Careiro Castanho, no Amazonas, objetivando estudar a ampliação do sistema de abastecimento de água da cidade.

3.1 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado no município que se localiza na região fisiográfica do Rio Solimões, cuja sede municipal é banhada pelo Rio Castanho, que complementa a nomenclatura do município Careiro Castanho, situado a duas horas da capital Manaus. Está assentada sobre área de terra firme, cuja topografia varia de plana a suave ondulada, oferecendo por isso condições favoráveis para a expansão física da cidade no sentido sudeste. Localizado geograficamente nas coordenadas 3º 49' 5" S e 60º 21' 40'' O, está a uma altitude de 26 metros em relação ao nível do mar.

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados que subsidiaram a realização da presente pesquisa foram obtidos a partir de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE; da Amazonas Energia S/A, titular da concessão do serviço de energia elétrica no Estado do Amazonas; bem como de registros colhidos em visitas realizadas no local.

A análise desses dados permitiu projetar a população local para os vinte anos vindouros, assim oferecendo condições de identificar a demanda de água potável para o dimensionamento do sistema.

3.3 ESPECIFICAÇÃO DAS PARTES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

O município Careiro Castanho é dotado de 8 (oito) poços. Porém, considerando as perdas que ocorrem durante a distribuição do sistema de abastecimento de água e a fim de garantir o atendimento à comunidade, 3 (três) poços projetados deverão ser perfurados.

A fim de se realizar o dimensionamento dos poços, é necessário efetuar os cálculos para a vazão, adutoras e barrilete. No cálculo do dimensionamento das adutoras é imprescindível encontrar a vazão diária local, respeitando o número de horas de bombeamento diário dos poços. Sendo assim, utiliza-se a fórmula da vazão de dimensionamento, representada por:

$$\frac{Q=P\ x\ q\ x\ K1}{3600\ x\ t}$$ (Equação 1)

onde,

P = população (hab)

q = consumo ''per capita''= 150l/hab.dia

K1 = coeficiente do dia de maior consumo = 1,2

T = n° de horas de bombeamento diário = 20h

Q = vazão de dimensionamento (l/s)

Utiliza-se a fórmula de Bresse para calcular o diâmetro da tubulação de recalque da adutora:

$$D = K\ .\sqrt{Q}$$ (Equação 2)

onde,

D = diâmetro de recalque (m)

Q = Vazão (m3/s);

K = 0,9 (valor usual), 0,6 < K < 1,6

Fórmulas da Velocidade Máxima

$$\frac{D=(4\ x\ Q)}{\sqrt{(\pi\ x\ Vmáx)}} \text{ (Equação 3)}$$

onde,

D: diâmetro

Q= vazão

Vmáx= velocidade máxima

Para o dimensionamento das linhas de recalque das bombas utiliza-se a Fórmula de Forchheimer:

$$D = 1{,}3\ x \sqrt[4]{\frac{t}{24}} x\ \sqrt{Q} \text{ (Equação 4)}$$

onde,

D = diâmetro, em metros

Q = vazão, em m^3 por segundo

t = horas de funcionamento dividido por 24 horas

Para o dimensionamento da tubulação de sucção, podemos utilizar o método prático que compreende a utilização de um diâmetro (bitola) comercial imediatamente acima do diâmetro especificado para a tubulação de recalque.

A equação da continuidade associa a velocidade de escoamento laminar de um fluido com a área disponível para o seu fluxo. Será utilizada para determinar as velocidades para os diâmetros comerciais adotados nos cálculos da tabela 5:

$$A1xV1 = A2xV2 \text{ (Equação 5)}$$

onde,

A= área

V= velocidade de escoamento

3.4 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS PARTES

As partes do sistema de abastecimento de água foram apresentadas de forma esquemática.

A área do Careiro Castanho correspondente ao estudo de caso está representada na Figura 01.

Figura 01 – Área do Município de Careiro Castanho

Fonte: Google Earth

Na Figura 02 está representada a área que receberá as obras de expansão da rede.

Figura 02- Área urbana, que receberá a expansão da rede

Fonte: Google Earth

No levantamento dos componentes do sistema de abastecimento existentes, foram localizados 3 (três) reservatórios. Esses reservatórios são responsáveis pelo abastecimento de áreas denominadas setores.

Para representar os três setores onde serão localizados os novos poços e a casa de cloração que serão construídos, foram produzidos desenhos esquemáticos. Esses desenhos esquemáticos foram fornecidos pelo órgão IPAAM, do Governo do Estado. Essas representações gráficas mostram as partes do sistema

existentes e as que vão ser construídas para a rede de distribuição. Foi utilizado o Autocad versão 2018, da Autodesk ®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

4.1.1 CÁLCULO DA POPULAÇÃO A SER ATENDIDA

O presente estudo de caso visa à extensão do dimensionamento do sistema de distribuição de água do município Careiro Castanho, onde, a partir do estudo do crescimento da população nos próximos anos, será necessária a extensão do sistema já existente.

Segundo a Prefeitura do Careiro Castanho, existem na área urbana, dois mil quatrocentos e quarenta e quatro residências, trezentos e onze comércios, dez indústrias e sessenta prédios públicos. É difícil antever um fator que venha a contribuir para um aumento significativo da taxa de crescimento populacional. Os dados disponíveis de censos anteriores apenas evidenciam um crescimento dentro dessa cidade. Diante dessas circunstâncias, far-se-á a projeção populacional baseando-se em projeções anteriores do IBGE.

Assim, em face da dimensão da cidade e na falta de conhecimento de outros fatores que possam vir a alterar o ritmo de crescimento populacional, será usado o método geométrico que parece satisfazer o estudo em questão, adotando-se a taxa de crescimento de 1,74% ao ano, conforme dados do IBGE. O Sistema de Abastecimento de Água aqui proposto, deverá levar em consideração todo o sistema existente, de modo a reduzir os custos de implantação e dotar o município do Careiro de um adequado Sistema Público de Abastecimento de Água.

4.1.2 ESTIMATIVA DA VAZÃO DE DEMANDA

Conforme a taxa de crescimento anual populacional de 1,74%, e considerando que o sistema de abastecimento de água da zona urbana de Careiro terá alcance de 20 anos, apresenta-se os cálculos na Tabela 1.

Tabela 1 – Projeção da população de Careiro Castanho

Ano	Método aritmético	Método geométrico	População adotada
2013	9.938	9.938	9.938
2023	11.667	11.809	11.809
2033	13.396	14.033	14.033

Fonte: Autoria Própria

Com os números apresentados acima, e levando em consideração que o consumo doméstico e comercial da comunidade adotado será de 150 litros por habitantes.

Sendo assim, atentando para as recomendações técnicas brasileiras, serão adotados os seguintes coeficientes para calcular as vazões máxima diária e horária:

K1= 1,2 coeficiente de variação do dia de maior consumo.

K2= 1,5 coeficiente de variação da hora de maior consumo.

Foram calculadas as vazões que serão necessárias para o atendimento seguro e satisfatório da população urbana do Careiro Castanho nos próximos 20 (vinte) anos, obtendo-se os números da tabela 2. Atendendo à realidade local de bombeamento diário de 20 (vinte) horas, obtém-se a seguinte equação para a vazão de dimensionamento das adutoras que vão interligar os poços ao centro de reservação:

Tabela 2 – Projeção das vazões necessárias em Careiro Castanho

ANO	Vazão Média		Vazão Máxdiária		Vazão Máxhorária	
	(l/s)	(m^3/h)	(l/s)	(m^3/h)	(l/s)	(m^3/h)
2013	17,2535	62,11	20,7042	74,54	31,0563	111,8
2023	20,5019	73,81	24,6023	88,57	36,9034	132,85
2033	24,3636	87,71	29,2364	105,25	43,8545	157,88

Fonte: Autoria Própria

Tendo em vista que a companhia local fornece energia durante 20 horas, os cálculos da vazão diária de maior consumo devem ser adequados a essa realidade. Como a tabela 2.0 levou em conta um fornecimento de 24 horas, o cálculo para encontrar a nova vazão máxima diária (de 20 horas) foi feito da seguinte forma;

Vmáx diária x 24 horas= Volume diário máxima

Volume diário máximo/20 horas = nova vazão máxima diária

Assim sendo, os novos valores estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Projeção da Vazão Máxima

Ano	Vazão Máxima Diária	
	l/s	m^3/h
2013	24,8450	89,44
2023	29,5227	106,28
2033	35,0836	126,30

Fonte: Autoria Própria

4.2 ESPECIFICAÇÃO DAS PARTES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

O tipo de captação adotado para atender a área em expansão será subterrâneo. Portanto, o abastecimento continuará sendo realizado por meio de poços tubulares, com o aproveitamento dos poços já existentes. O município Careiro Castanho possui 8 (oito) poços com profundidade de aproximadamente 110m. Esses poços existentes serão reaproveitados, por estarem em boas condições, e serão projetados mais 3 (três) poços. Os poços existentes e projetados serão interligados a um ponto comum, e as adutoras conduzirão água para os reservatórios elevados.

Os 3 (três) reservatórios elevados com volume de 300m^3 serão recuperados. O volume dos reservatórios considera ainda 20% do volume de reservação para combate a incêndio. Da forma como a cidade se desenvolveu, o traçado da rede será ramificado na sua maior parte. O desnível que se vê na topografia da cidade é de aproximadamente sete metros, de modo que não necessita de divisão da rede em zonas de pressão. Toda a rede de distribuição será executada em tubos plásticos PVC, classe 12, junta elástica, PB.

O tratamento adotado para a desinfecção será por solução de hipoclorito de sódio, a ser realizado na casa de cloração. Serão construídas três casas de cloração, próximas aos reservatórios de cada setor. A solução de cloro será produzida em dois tanques de fibrocimento, com capacidade de 500 litros, cada. A cloração será feita na saída da casa de abrigo do barrilete.

4.2.1 DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos a partir das equações 1, 2, 3 e 4. Na Tabela 4 constam os diâmetros obtidos para cada trecho de adutora e tubulação de recalque dos poços do setor 1.

Tabela 4 – Diâmetros dos Trechos de Adutora do Setor 1

TRECHOS	VAZÃO	SETOR I ADUTORA D(m) D (mm)			BOMBA Recalque D (mm)		Sucção D (mm)
	Q (m3/s)	Bresse	Vel. Máxima	Adotado	Forchheimer	Adotado (mm)	Adotado (mm)
PT-01 ao Ponto A	0,0055	0,067	0,052	75	92	100	150
PT-03 ao Ponto A	0,0071	0,076	0,059	100	105	150	200
PT-12 ao Ponto B	0,0064	0,072	0,056	75	99	100	150
PT-13 ao Ponto B	0,0056	0,067	0,052	75	93	100	150
Ponto A ao Ponto C	0,0126	0,101	0,079	150	139	150	200
Ponto B ao Ponto C	0,0119	0,098	0,076	100	135	150	200
Ponto C ao Reservatório Elevado	0,0245	0,141	0,110	150	194	150	200

Fonte: Autoria própria

Para as adutoras, baseado nas vazões, foram encontrados os diâmetros conforme quadro acima. Todas as velocidades foram verificadas quanto a velocidade máxima da norma. Portanto os diâmetros calculados poderão ser adotados, desde que sejam comercializados. Para os diâmetros não encontrados serão adotados os diâmetros comerciais imediatamente superiores.

No entanto, deverão ser determinadas as velocidades para esses diâmetros comerciais adotados. Na Tabela 5 constam as velocidades calculadas, a partir da equação da continuidade, para os diâmetros adotados na Tabela 4.

Tabela 5- Velocidades Obtidas da Equação da Continuidade

TRECHOS	VAZÃO	DIÂMETRO ADOTADO	ÁREA	VELOCIDADE
	Q (m^3/s)	D (mm)	A (m^2)	V (m/s)
PT-01 ao Ponto A	0,0055	75	0,0044	1,24
PT-03 ao Ponto A	0,0071	100	0,0078	0,90
PT-12 ao Ponto B	0,0064	75	0,0044	1,45
PT-13 ao Ponto B	0,0056	75	0,0044	1,27
Ponto A ao Ponto C	0,0126	150	0,0176	0,71
Ponto B ao Ponto C	0,0119	100	0,0078	1,52
Ponto C ao Reservatório Elevado	0,0245	150	0,0176	1,39

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 6 a seguir, obtém-se os resultados dos diâmetros calculados nos determinados trechos citados.

Tabela 6 - Diâmetros dos Trechos de Adutora do Setor 2

TRECHOS	VAZÃO	SETOR II ADUTORA D (mm)		BOMBA Recalque D (mm)		Sucção D (mm)
	Q (m3/s)	Bresse	Vel. Máxima	Forchheimer	Adotado (mm)	Adotado (mm)
PT-04 ao Ponto D	0,0085	0,083	0,065	115	100	150
PT-08 ao Ponto D	0,0054	0,066	0,051	91	75	100
Ponto D ao Ponto E	0,0139	0,106	0,083	146	150	200
PT-07 ao Ponto E	0,0083	0,082	0,064	113	100	150
Ponto E ao Ponto F	0,0222	0,134	0,104	185	150	200
PT-14 ao Ponto B	0,0056	0,067	0,052	93	75	100
Ponto F ao Reservatório Elevado	0,0278	0,150	0,117	207	200	250

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 7 constam as velocidades calculadas, a partir da equação da continuidade, para os diâmetros adotados na Tabela 6.

Tabela 7- Velocidades Obtidas da Equação da Continuidade

TRECHOS	VAZÃO	DIÂMETRO ADOTADO	ÁREA	VELOCIDADE
	Q (m^3/s)	D (mm)	A (m^2)	V (m/s)
PT-04 ao Ponto D	0,0085	100	0,0079	1,08
PT-08 ao Ponto D	0,0054	75	0,0044	1,22
Ponto D ao Ponto E	0,0139	150	0,0177	0,79
PT-07 ao Ponto E	0,0083	100	0,0079	1,06
Ponto E ao Ponto F	0,0222	150	0,0177	1,26
PT-14 ao Ponto F	0,0056	75	0,0044	1,27
Ponto F ao Reservatório Elevado	0,0278	200	0,0314	0,88

Fonte: Autoria Própria

Na tabela 8 a seguir, obtém-se os resultados dos diâmetros calculados nos determinados trechos citados.

Tabela 8- Diâmetros dos Trechos de Adutora do Setor 3

TRECHOS	VAZÃO	SETOR III ADUTORA D(m) D (mm)		BOMBA Recalque D (mm)		Sucção D (mm)
	Q (m3/s)	Bresse	Vel. Máxima	Forchheimer	Adotado (mm)	Adotado (mm)
PT-05 ao Ponto G	0,0080	0,080	0,063	111	100	150
PT-15 ao Ponto G	0,0056	0,067	0,052	93	75	100
Ponto G ao Ponto H	0,0136	0,105	0,082	145	150	200
PT-06 ao Ponto H	0,0065	0,073	0,056	100	75	100
Ponto H ao Reservatório Elevado	0,0200	0,127	0,099	176	150	200

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 9 constam as velocidades calculadas, a partir da equação da continuidade, para os diâmetros adotados na Tabela 8.

Tabela 09- Velocidades Obtidas da Equação da Continuidade

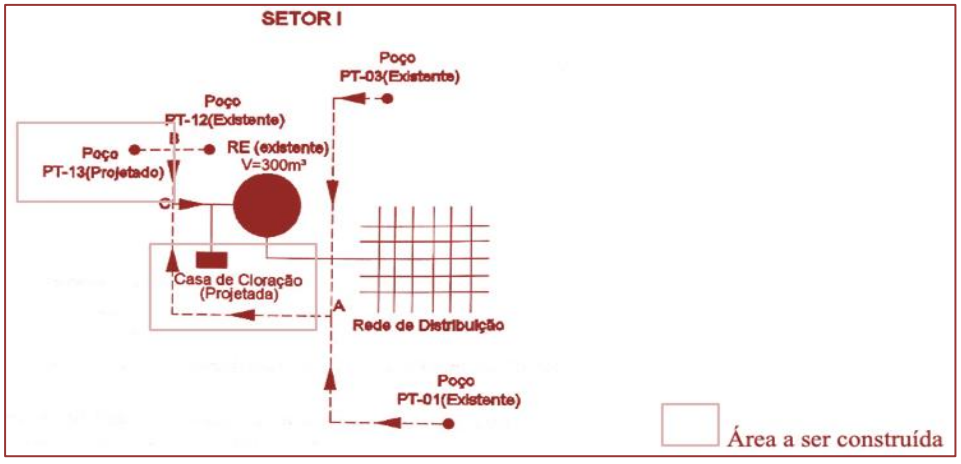
TRECHOS	VAZÃO	DIÂMETRO ADOTADO	ÁREA	VELOCIDADE
	Q (m^3/s)	D (mm)	A (m^2)	V (m/s)
PT-05 ao Ponto G	0,0080	100	0,0079	1,02
PT-15 ao Ponto G	0,0056	75	0,0044	1,27
Ponto G ao Ponto H	0,0136	150	0,0177	0,77
PT-06 ao Ponto H	0,0065	75	0,0044	1,47
Ponto H ao Reservatório Elevado	0,0200	150	0,0177	1,13

Fonte: Autoria Própria

4.3 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

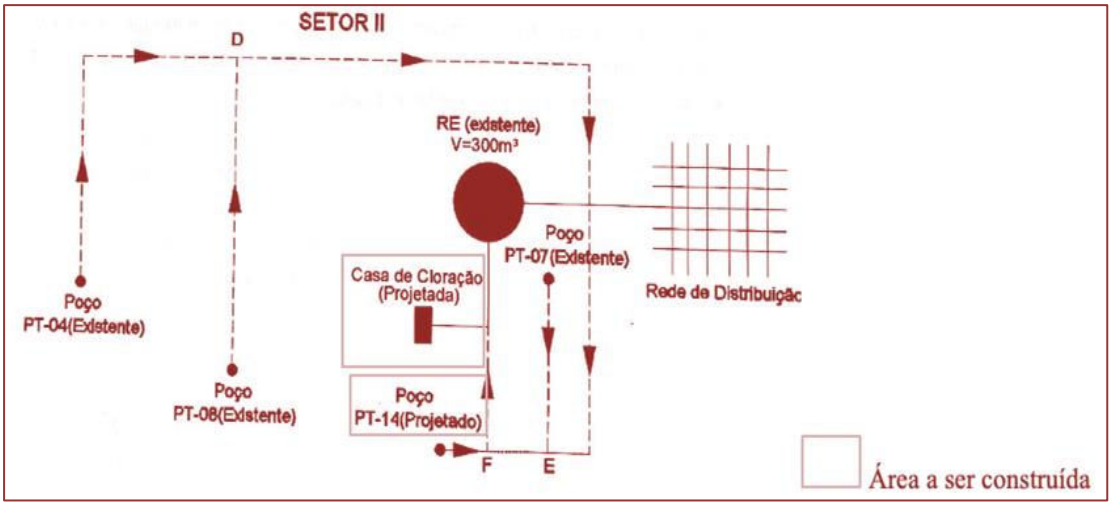
Para melhor visualização e entendimento da ampliação do sistema de abastecimento de água no Careiro Castanho, são apresentados os esquemas dos setores 1, 2 e 3, com suas características

Figura 03- Desenho esquemático do setor 1 do sistema de abastecimento de água



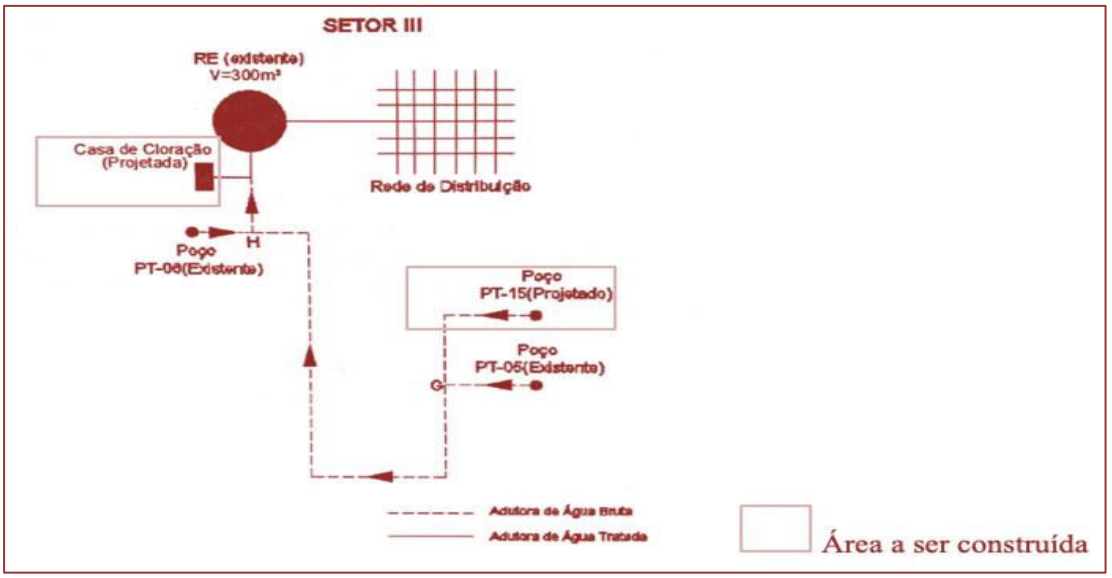
Fonte – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas/IPAAM

Figura 04- Desenho Esquemático do Setor 2 do Sistema de Abastecimento de Água



Fonte – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas/IPAAM

Figura 5- Desenho Esquemático do Setor 3 do Sistema de Abastecimento de Água



Fonte- Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas/IPAAM

5 CONCLUSÃO

Em vista dos estudos referentes ao projeto apresentado, conclui-se que a extensão do sistema de abastecimento de água é de significativa importância para a população do Careiro Castanho, uma vez que o município apresenta um grande potencial de desenvolvimento.

Considerando que o sistema existente já não supre às necessidades da população, principalmente pela defasagem do mesmo, pelo novo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) serão construídos mais três poços, a somaram-se com os oito poços já existentes, três casas de cloração (não existentes no município), objetivando assim a desinfecção e garantindo que a água consumida seja livre de microorganismos. Também as novas adutoras de água tratada interligando o reservatório aos demais pontos de distribuição, poderão mudar consideravelmente a realidade hídrica do município.

A falta de políticas públicas para a implementação desses benefícios, tem sido um dos fatores que contribuem para a estagnação do município no sentido de se tornar um polo agropecuário importante para a região, como também deixando a população à deriva de melhores condições de saúde, educação e trabalho.

Apesar de pouca referência teórica disponível enfocando o assunto, tivemos a oportunidade de pesquisar e conhecer melhor o SAA, de suma importância para qualquer localidade, uma vez que a questão da água doce é de preocupação mundial, devido à escassez e ao aumento da população. Futuramente, segundo alguns estudiosos, a água valerá mais que o petróleo.

REFERÊNCIAS

[1] Brasil das águas, 2016. Disponível em <http://brasildasaguas.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2013/05/CARTILHA-AGUA-CVRD.pdf> Acesso em: outubro.2020.

[2] CASARIN, Fátima e SANTOS, Mônica. Água: o ouro azul: Usos e abusos dos recursos hídricos, 2011.

[3] GARCIA, Mariana Silva Duarte. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. Disponível em <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393/274>. Acesso em: outubro.2020.

[4] IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/careiro/pesquisa/23/25207?tipo=ranking&indicador=25191&ano=2010> . Acesso em : outubro.2020

[5] IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/careiro/historico>. Acesso em: outubro.2020.

[6] Lei N° 11.445, de 05/01/2007. Disponível em < https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-normaatualizada-pl.html> . Acesso em: novembro.2020;

[7] TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004;